

訂正版

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 12 月 27 日 (27.12.2001)

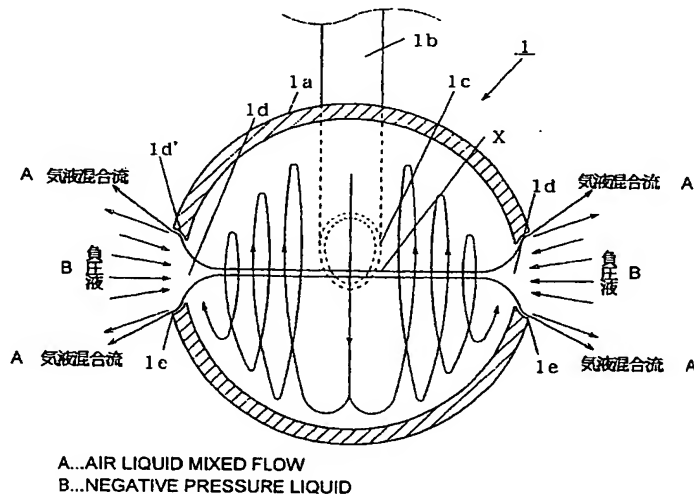
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/097958 A1

- (51) 国際特許分類: B01F 5/00, 3/04, C02F 3/20 (74) 代理人: 弁理士 榎本一郎(ENOMOTO, Ichiro); 〒802-0001 福岡県北九州市小倉北区浅野1丁目2番39号 小倉興産14号館405号 Fukuoka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/05411
- (22) 国際出願日: 2001 年 6 月 25 日 (25.06.2001) (81) 指定国 (国内): AU, BR, CA, CN, JP, KR, SG, US, VN.
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) 国際公開の言語: 日本語 添付公開書類: 国際調査報告書
- (30) 優先権データ: (48) この訂正版の公開日: 2002 年 7 月 18 日  
特願2000-188744 2000 年 6 月 23 日 (23.06.2000) JP  
特願2000-197182 2000 年 6 月 29 日 (29.06.2000) JP  
特願2000-238982 2000 年 8 月 7 日 (07.08.2000) JP
- (15) 訂正情報:  
PCTガゼット セクションIIの No.29/2002 (2002 年 7 月 18 日)を参照
- (71) 出願人 および (72) 発明者: 藤里良策 (FUJISATO, Ryosaku) [JP/JP]; 〒755-0025 山口県宇部市野中4丁目10-25 Yamaguchi (JP). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: FINE AIR BUBBLE GENERATOR AND FINE AIR BUBBLE GENERATING DEVICE WITH THE GENERATOR

(54) 発明の名称: 微細気泡発生器及びそれを備えた微細気泡発生装置



(57) Abstract: A fine air bubble generator capable of preventing the clogging of reactants and waste materials by producing a large amount of fine air bubbles in the water of water tanks, pools, rivers, lakes and marshes, or dams, in the water (sea water) of cultivating ponds, coastal farms, or fresh fish carriers, or in the liquid of air-liquid reaction vessels in chemical plants and a fine air bubble generating device capable of providing an excellent productivity by efficiently producing a large amount of fine air bubbles; the fine air bubble generator (1), comprising a generator body (1a) having a hollow part formed generally in rotation symmetry, an air-liquid inlet hole (1c) opened in the peripheral wall part of the generator body (1a) in a tangential direction, and air-liquid blowing holes (1d) provided in the generator body in the direction of the rotation symmetry axis of the hollow part.

[続葉有]

WO 01/097958 A1



---

(57) 要約:

本発明は、水槽やプール、河川、湖沼、ダム等の水中又は養殖池や沿岸の養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中、又は化学工場における気液反応槽の液中に微細な気泡を多量に発生させることができ、反応物や汚物の詰まりを防止することができる微細気泡発生器を提供し、また、微細な気泡を多量かつ効率的に発生させることができる生産性に優れた微細気泡発生装置を提供することを目的とする。

そして、本発明の微細気泡発生器（１）は、略回転対称に形成された中空部を有する器体（１ａ）と、前記器体（１ａ）の周壁部に接線方向に開口された気液導入孔（１ｃ）と、前記中空部の回転対称軸の方向に開口して設けられた気液噴出孔（１ｄ）とを備える。

## 明細書

### 微細気泡発生器及びそれを備えた微細気泡発生装置

#### 技術分野

本発明は、水槽やプール、河川、湖沼、ダム等の水中又は養殖池や沿岸の養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中、又は化学工場における気液反応槽の液中に微細な気泡を多量に発生させる微細気泡発生器及びそれを備えた微細気泡発生装置に関する。

#### 背景技術

近年、微細な気泡を発生させることにより、水槽や河川等の水を浄化し、水中の溶存酸素量の増加させたり、又は化学工場の気液反応槽における反応効率を向上させたり、浴槽等において気泡を含む水流を肌面に当ててマッサージ効果を得る等の種々の微細気泡発生装置が研究、開発されている。

従来の微細気泡発生装置として例えば、特開2000-447号公報（以下、イ号公報という）には、「円錐形のスペースを有する容器本体と、同スペースの内壁円周面の一部にその接線方向に開設された加圧液体導入口と、前記円錐形のスペース底部に開設された気体導入孔と、前記円錐形のスペースの頂部に開設された旋回気液導出口とから構成されてなる旋回式微細気泡発生装置」が開示されている。

また、実開昭63-74123号公報（以下、ロ号公報という）には、給液孔を混合室の周壁に沿って接線方向に設け、混合室内の後部から前部に向かって突出して配置した空気の吐出口を混合室の噴射口に位置付けた吸引マッサージ気泡噴流装置が開示されている。

しかしながら、上記従来の技術は以下の課題を有していた。

（１）イ号公報に記載の技術は、気体が円錐形の狭いスペース内で液体と混合されるために気泡が粗大になって噴出され、処理する液体と気泡との接触面積を十分に確保できず溶存酸素量や反応効率を高めることができないという問題点を有していた。

（２）気体導入孔が円錐形のスペース底部に開設されているため、気泡を含む液体を一方向にしか吐出できず、水流の吐出状態を制御しながら河川や浄水設備等

で広範囲に亘って大量の水処理を効率的に行うことができないという問題点を有していた。

(3) 円錐形のスペース内で液体と気体とが混合されるので、大量の気体を供給するには限界があり、また液体と気体との混合比率を所定値に制御するのが困難であるという問題点を有していた。

(4) ポンプのON/OFF時等に円錐形のスペース内の圧力が変動して、気体導入孔に液体が逆流し、液体中に混入している固形物により気体導入孔が詰まり易く連続運転ができないという問題点を有していた。

(5) 気泡をより微細にするためにスペース内を加圧すると、気体導入孔へ液体が流入してしまい、操作性が悪くなるという問題点を有していた。

(6) ロ号公報に記載の技術は、空気管の空気吐出口が混合室の噴射口の直近に配置されているので、混合室内の旋回状態にある水流と空気とが直接接触することがなく、旋回水流と空気とを所定の接触面積を維持させながら効果的に接触させて所定の大きさや形態の微細な気泡を発生させることができないという問題点を有していた。

(7) 開放端を有する空気管がノズルの出口付近に配設されているため、ノズル内の圧力変動により空気管に液体が逆流して、液体中に混入している塵埃等により空気管が詰まり易く連続運転ができないという問題点を有していた。

(8) 水流中に形成される微細気泡の大きさや発生量を制御する手段がないので、空気管から必要量以上の空気が吸い込まれ、しかも大きな気泡が形成され微細気泡が得られないので十分なマッサージ効果や洗浄効果が得られないという問題点を有していた。

本発明は上記従来課題を解決するもので、水槽やプール、河川、ダム等の水中又は養殖池や沿岸の養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中、又は化学工場における気液反応槽の液中に気液接触面積の極めて大きな微細気泡を多量に発生させることができ、反応物や汚物の詰まりがなく安定して連続運転が可能な微細気泡発生器の提供、微細な気泡を多量にかつ効率的に発生させることができ気液接触面積が極めて大きく溶存酸素（気体）量を著しく大きくできると共に生産性に優れた微細気泡発生装置を提供することを目的とする。



## 発明の開示

上記課題を解決するために本発明の微細気泡発生器及びそれを備えた微細気泡発生装置は、以下の構成を有している。

本発明の請求項 1 に記載の微細気泡発生器は、略回転対称に形成された中空部を有する器体と、前記器体の周壁部に接線方向に開口された気液導入孔と、前記中空部の回転対称軸の方向に開口して設けられた気液噴出孔と、を備えて構成されている。

この構成により、以下のような作用が得られる。

(1) 気液導入孔から器体内に、接線方向から気液混合流体を流入させると気液混合流体は、器体の内壁に沿って旋回することにより気液が激しく混合されながら、中空部の回転対称軸の方向に設けられた気液噴出孔側へ移動していく。この際、液体と気体との比重の差によって、液体には遠心力が働き、気体には向心力が働き、大きな気泡が中心軸に収束して負圧軸（気体軸）が形成される。また、負圧軸により、気液噴出孔付近の外部の液体には、微細気泡発生器内に進入しようとする力が働く（以下、この力が働く液体を負圧液という）。一方、微細気泡発生器内の気液混合流体は、旋回しながら気液噴出孔に近づくにつれて、旋回速度が速くなるとともに圧力が高くなり、気液噴出孔付近で旋回速度及び圧力は最大となり、負圧液と押し合う状態になる。よって、負圧軸に集まった気体は、負圧液と旋回している気液混合流体とによって形成された間隙を通過し、多量の微細気泡が混ざった気液混合流体として気液噴出孔から剪断を受けながら外部の液中へ噴出される。

(2) 負圧液により拡散された気液混合流体は気液噴出孔の周壁と、負圧液とにより負圧軸に集まった気液混合流体中の気体との間に剪断力が働き、負圧軸に集まった気体は極微細に分断され気液噴出孔から混合流体と共に噴出されるので、多量の微細気泡を外部の液中に発生させることができる。

(3) 気体と液体とが予め混合された気液混合流体が気液導入孔に供給されるので、気体の混合比率を調整でき、しかもこれによって微細気泡の発生率を制御した状態で発生させることができる。

(4) 微細気泡を含む混合流体を、処理する液体と十分に接触させることができ

、溶存酸素量や反応効率等を高めることができる。

(5) 微細気泡を含む混合流体を河川やダム、浄水設備等で広範囲に亘って吐出させることにより生物学的処理を極めて効率的に行うことができる。

(6) 微細気泡発生器を気液反応装置や污水处理装置等に用いた場合、ポンプのON/OFF時等に装置内の残圧（負圧）により流体が器体内に逆流しても、微細気泡発生器には気体を取り込むための細孔等がないので、反応物や汚物により目詰まりを起こすことがなく、メンテナンスが不用で耐久性に優れる。

(7) 微細気泡の粒径が著しく微小なので、気体と液体の接触面積を大きくすることができ、気液反応装置における反応や、浄化装置における浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

ここで、微細気泡発生器は、浄水場や河川の浄化、畜産排尿の浄化、活魚の輸送時や養殖時等の酸素供給、水耕栽培時の溶存酸素量増加、ヘドロ等の浮上による汚濁水処理、貯水槽のカルキ類の除去、オゾン混合による殺菌、滅菌、脱臭、入浴時の血行促進、洗濯機、発酵食品類の発酵及び培養の促進、各種薬品と各種ガスの高密度接触による溶解及び中和、化学工場の気液反応装置における気液反応の促進、顔面洗浄器等に用いられる。

液体としては、水や薬液、化学反応液、液体燃料等が用いられる。

気体としては、污水处理槽等の場合には空気、プール等の水の殺菌の場合にはオゾン、化学反応の場合は反応ガス（HCN、HCl、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>等）等が用いられる。

略回転対称に形成された中空部を有する器体は、球状、半球状、砲弾状、円錐状で半球状の底面どうしを円筒部を介してまたは介さないで連設させた形状のもの等が用いられる。円錐状又は円錐状等の底面どうしを連設させた形状の器体を用いた場合、中空部がその回転対称軸から気液噴出孔に向かって一気に収束する形状を有しているので、器体内を旋回する気液混合流体に急激な剪断力が働き、粘度が高い流体でも十分に攪拌させることができる。

また、砲弾状、円錐台状、半球状で後壁を有する場合は、液体導入管から器体内に流入した液体の一部は、後壁側に移動してから反転し、負圧軸の周囲を旋回

しながら気液噴出孔側へ移動するので、直進性を持った噴出流にすることができる。

また、後壁を逆に中空部内に凹んだ形状に形成させることもでき、これによって、中空部内における混合流体の動きを変化させることができる。

気液導入孔は、器体の周壁に1以上穿設されて、その周壁の接線方向に気液混合流体や液体が導入される気液導入管が接続されている。これによって、気液導入管にポンプや水道等の供給口を接続して加圧水を流すことにより、器体内に旋回流を発生させることができる。

なお、器体に気液導入孔を介して流入させる液体の流速や液体導入管の径、器体の容積等は、必要とする旋回流の流速、気液混合流体に発生させる微細気泡の量や気泡径等の形態によって適宜選択される。

気液噴出孔は、中空部の回転対称軸の方向に開口して配置されている。気液噴出孔は、後部側から前部側に向かって収束する器体が狭まった絞り部分であり、器体の大きさや器体に供給される液体の流量、圧力等によっても変動するが、その最小径 $d$ は中空部の最大内径 $D$ に対して $1/50 \sim 1/3$ 倍、好ましくは $1/30 \sim 1/5$ 倍程度に形成することが好ましい。これは気液噴出孔の最小径 $d$ が器体の最大内径 $D$ の $1/30$ 倍より小さくするにつれ、必要な液体の吐出流量を確保するのが困難となる傾向が表われ、逆に $1/5$ 倍を越えるにつれ、液体の旋回流を器体内に形成させることができず噴出水流の中心部における吸引力が不足する傾向が現われるからであり、これらの傾向は $1/50$ 倍より小さくなるか、又は $1/3$ 倍を越えるとさらに顕著になるので好ましくない。

気液導入孔と器体の中心部とを結ぶ直線、及び、気液噴出孔と器体の中心部とを結ぶ直線の交わる角度( $\alpha$ )が、 $10^\circ < \alpha < 170^\circ$ 、好ましくは $45^\circ < \alpha < 160^\circ$ のものが用いられる。 $\alpha > 160^\circ$ になると気液導入孔から気液噴出孔へ流体がショートパスを起こす傾向が、 $\alpha < 45^\circ$ になると流体にかかる剪断力は強くなるが気泡の粒径が安定しなくなる傾向が強くなるので好ましくない。一般的には $90^\circ$ 前後が好適に用いられる。

請求項2に記載の微細気泡発生器は請求項1に記載の発明において、前記気液噴出孔が前記回転対称軸の左右両側にそれぞれ設けられて構成されている。

この構成によって、請求項 1 の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) 気液噴出孔が中空部の回転対称軸の左右両側にそれぞれ設けられているので、一つの微細気泡発生器で処理できる範囲を広くして、微細気泡発生器による水処理等を効率的に行うことができ、生産性と利便性に優れている。

(2) 回転対称軸の左右両側に配置されるそれぞれの気液噴出孔の孔径を変えたりガイドを設けたりして噴出特性を異ならせることによって、微細気泡の噴出状態を所定の状態に制御することができ、これによって水処理等を効率的に行うことができる。

(3) 2 つの気液噴出孔を有するので、微細気泡発生器から吐出される気液混合流体の噴出量を単孔のものに比べて倍増させることができ、大量の水処理を行うことができる。

請求項 3 に記載の微細気泡発生器は、請求項 1 又は 2 に記載の発明において、前記気液噴出孔が噴出方向に拡径した傾斜部を備え、その傾斜角度が所定範囲に設定されて構成されている。

この構成によって、請求項 1 又は 2 の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) 気液噴出孔の内周壁に噴出側に向かって所定角度で拡径する傾斜部を有しているので、微細気泡や微細気泡になる前の気体を含む気液混合流体が拡散する範囲を所定角度内に限定して該混合流体内を減圧することができ、この部分的な減圧により微細気泡を混合流体中に効果的に発生させることができる。

(2) 傾斜部における角度や噴出方向の長さを、供給する水や流体の圧力、流量、温度等に応じて、それぞれ調整することで、混合流体内に拡散させる微細気泡の大きさや気泡の集合形態等を微妙に変化させることもできる。

(3) 回転対称軸の両側に気液噴出孔を配置した場合には、それぞれの傾斜部における傾斜角度を異ならせることにより、微細気泡発生器から全体的に噴出される気液混合流体に特定の方向性を付与することができ、化学反応槽や浄化層等における制御性に優れている。

ここで、傾斜部の角度  $\theta$  は、用いる器体の大きさや供給する水や液体の流量や圧力、傾斜部の長さによっても変動するが、30～160度、好ましく65～130度の範囲とすることが望ましい。これは傾斜部の角度  $\theta$  が65度よりも小さ

くなるにつれ、微細気泡の生成が少なくなる傾向にあり、逆に130度を越えるにつれ微細気泡を含む混合流体が広範囲に拡散して、混合流体による衝撃力が低下する傾向が強まるからである。また、これらの傾向は傾斜部の角度 $\theta$ が30度より小さくなるか、160度を越えるとさらに顕著になるので好ましくない。さらに前記気液噴出孔を器体の両側に設けた場合には、前記角度範囲のなかで左右のそれぞれの傾斜角度を異ならせることにより微細気泡発生器から吐出される吐出流の方向を制御することができる。傾斜角度を120度 $\pm$ 10度又は75度 $\pm$ 10度前後に設定した場合、120度 $\pm$ 10度では、器体の中心軸（負圧軸）内を流体が移動するに従って連続的に気体量が増えていくために、強力に吸い込まれる負圧液の面に沿って噴出液が外部に出ようとして噴出液が軸と直角方向に分散される。この時最小間隙部分を通過中に最大の剪断力が働き気泡が微細になる。またその部分は最大の圧力と最大の負圧が隣り合せになって微細気泡の発生が促進される。一方、傾斜角度が75度 $\pm$ 10度では、前方に向かう流体の流れが角度の大きい側より優勢となって強力に噴出される。このため、全体としては噴出流は傾斜角度の小さい側に偏って流れ、方向性を持たせることができる。

このように傾斜部の角度 $\theta$ は、負圧液の形を決めるパラメータとなり、このパラメータを所定の値に設定することで噴射方向を制御できる。

なお、微細気泡の発生は、最小径 $d$ 部分に負圧液がどのような形状で形成されるかで決まり、器体から噴出され易い状態とすることが望ましい。

気液混合流体を噴出させると流体は器体側面の球面状に沿って流れ、傾斜角度の大きい側の噴射の方が抵抗が小さくなるようである（すなわち、器体球面の接線方向への流体の流れと負圧液の発生とによる複合効果で傾斜角度の大きい側では混合流体の噴出方向とは逆の後方側に微細気泡を含む混合流体が流れる）。このようにして、目的によって混合流体の噴射方向を決めることができる。

請求項4に記載の微細気泡発生器は、請求項1乃至3の内いずれか1項において、前記気液噴出孔の前方に間隔を有して配設された蓋部と、前記蓋部に延設された延設部を前記器体の外周壁に固定された固定キャップ部を備えた構成を有している。

この構成によって、請求項1乃至3の内いずれか1項の作用の他、以下の作用

が得られる。

(1) 気液導入管から流入した気液混合流体は、器体の内壁に沿って旋回し、激しく気液が混合されながら気液噴出孔側へ移動して負圧軸が形成される。この、負圧軸により該キャップ部を、微細気泡発生器内に吸引しようとする力が働く。一方、器体内の混合流体は気液噴出孔付近で旋回速度が最大となり、気液噴出孔と対向した固定キャップ部の蓋部と押し合う状態になる。よって、負圧軸に集まった気体は、キャップ部の蓋部（気液噴出孔の対向面）と気液噴出孔の傾斜部との間を旋回しながら圧縮、剪断され、気液混合流体とともに多量の微細気泡として気液噴出孔から液中へ噴出される。こうして、キャップ部で外部と分断され、負圧液の形成が最小限に抑えられ、器体内からの噴出旋回抵抗が小さくなり、噴出量も増え回転数も上げることができる。

(2) 外部の流体中に微細気泡を多量に発生させることができるので、気体と液体の接触面積を大きくして気液反応装置における反応や、浄化装置における浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

(3) 微細気泡の粒径が著しく小さいので、気泡の表面積を極めて大きくでき、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

(4) 液体や気体の流入量や旋回速度を調整するだけで微細気泡の粒径を数nm～100μmの範囲に自由にコントロールできる。

ここで、固定キャップ部の配設方法としては、延設部を器体の外周壁に接着剤などで直接固定する方法、器体の外周壁にキャップ支持部を突設し該突設部に固定キャップ部を固定する方法等が用いられる。

請求項5に記載の微細気泡発生器は、請求項4に記載の発明において、基端側が前記器体の外周壁に配設され他端側で前記固定キャップ部を支持するキャップ支持部を備えて構成されている。

この構成によって、請求項4の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) キャップ部支持部に固定キャップ部が固定されるので、固定キャップ部が気液混合流体の旋回方向に対して動かず、固定キャップ部の蓋部と噴出される気体との間で剪断力を有効に働かせることができ、粒径の著しく小さい多量の微細

気泡を発生させることができる。

請求項 6 に記載の微細気泡発生器は、請求項 5 に記載の発明において、前記キャップ支持部及び／又は前記固定キャップ部が合成樹脂やゴム等の可撓性材料で形成されて構成されている。

この構成によって、請求項 5 の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) キャップ支持部及び／又はキャップ部が可撓性材料からなるので、該キャップ部がキャップ支持部の撓み等の許容範囲内で各々の噴出孔に対して接離方向に移動させることができる。従って、該キャップ部は負圧軸により気液噴出孔側に吸引され気液噴出孔から噴出する気体は該キャップ部の気液噴出孔の対向面に形成された隆起部等で圧縮、剪断されるので、より微細な気泡を多量に発生させることができる。

(2) ポンプの吐出圧や気液導入孔や気液噴出孔の径、器体の形状や容積に応じて変化する気液混合流体の旋回時の流速や流量に対応して該キャップ部の蓋部の気液噴出孔との対向面と気液噴出孔との間隙の大きさが変化するので、汎用性に優れる。

請求項 7 に記載の微細気泡発生器は、請求項 4 乃至 6 の内何れか 1 項に記載の発明において、前記固定キャップ部が、前記気液噴出孔との対向面に隆起して形成された隆起部を備えて構成されている。

この構成によって、請求項 4 乃至 6 の内何れか 1 項の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) 固定キャップ部の裏面側に湾曲して突起した形状の隆起部を有しているので、微細気泡を有した気液混合流体を隆起部の面に沿ってガイドしながら流すことができる。

(2) 該キャップ部やキャップ支持部の材質を可撓性材料で構成した場合、隆起部は負圧軸により気液噴出孔方向に吸引されて流路が狭まるので、気液噴出孔から噴出される流体中の気体は隆起部で圧縮、剪断されるので、より微細な気泡を多量に発生させることができる。

ここで、隆起部としては、半球形状、又は円錐状の気液噴出孔の外形形状に沿った形状のもの等が用いられる。

請求項 8 に記載の微細気泡発生器は、請求項 4 に記載の発明において、前記器体の外周壁に配設された枠状フレームと、前記枠状フレームと前記気液噴出孔との間に移動自在に遊嵌されて保持された球形状や卵形状等に形成されたキャップ部とを備えて構成されている。

この構成によって、請求項 4 の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) キャップ部は気液噴出孔と枠状フレームとの間で移動自在に配設されているので、キャップ部は負圧により気液噴出孔方向に吸引され、気液噴出孔から噴出する気体はキャップ部により圧縮、剪断され定した場合には、キャップ部と気液噴出孔間の間隔が変化せず安定した水流状態を維持させることができる。

(2) ポンプの吐出圧や気液導入孔や気液噴出孔の径、器体の形状や容積に応じて変化する気液混合流体の旋回時の流速や流量に対応してキャップ部の気液噴出孔側の面と気液噴出孔との間隙の大きさが変化させることができ水流の安定性と制御性に優れる。

(3) 器体内に負圧軸が形成されている時は、キャップ部は負圧軸の吸引力と噴出する気液混合流体の噴出方向への力とにより所定の位置で保持されるので、枠状フレームや気液噴出孔に接触することがほとんどなく、磨耗しにくく、耐久性に優れる。

(4) キャップ部を備えているので、オフ時に器体に外部の液中の異物が侵入するのを防ぐことができる。

ここで、枠状フレームは気液噴出孔の前方に所定間隔をおいて配設され、気液噴出孔の前部に球形状や卵形状に形成されたキャップ部を遊嵌、保持させるように形成された部材である。

請求項 9 に記載の微細気泡発生器は、請求項 1 乃至 8 の内何れか 1 項の発明において、前記器体の後壁に配設されたタンク部と、前記タンク部と前記器体間の壁部に貫通して形成されたタンク部気体自吸孔と、前記タンク部に設けられたタンク部気体導入管とを有して構成されている。

この構成によって、請求項 1 乃至 8 の内何れか 1 項の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) タンク部を備えているので、タンク部気体自吸孔及びタンク部気体導入管



を介して吸引される空気の吸引抵抗を大きくすることができるので、タンク部気体自吸孔の径を大きくしても気体が大量に吸い込まれず、安定した状態で気体を吸引できる。

(2) 容量の大きいタンク部を設けることにより外部の圧力変動が緩和されるので、水流内に発生させる微細気泡の大きさや形態、発生量等の制御を容易化でき、操作性に優れる。

(3) タンク部気体自吸孔の径を大きくすることができるので、塵埃や水垢等の詰まりによる動作不良等が起こりにくく、メンテナンス性に優れる。

ここで、タンク部の形状としては円筒状、半球状等が用いられる。

タンク部気体自吸孔の孔径や数量は、必要とする吸引力や旋回流の速度、微細気泡の数量や粒径に応じて適宜選択される。

請求項 10 に記載の微細気泡発生器は、請求項 1 乃至 8 の内いずれか 1 項に記載の発明において、前記気液噴出孔の方向に向かって設けられ前記中空部内に配設された内部ノズル部と、前記内部ノズル部の後部側に接続された内部中空部と、前記内部中空部の接線方向に開口して設けられた二次液体導入管と、を備えて構成されている。

この構成によって、請求項 1 乃至 8 の内何れか 1 項の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) 中空部内に二次液体を噴射する内部ノズルを備えているので、液体導入管から供給される気液混合流体とこの二次液体とを中空部内で効果的に接触させて、さらに微細な気泡を発生させることができ、水処理や化学反応等における生産性を向上させることができる。

(2) 二次液体導入管から内部中空部内へ接線方向から連続的に流入した気液混合流体や液体は、旋回しながら内部ノズル部側へ移動していく。この際、液体には遠心力が働き、旋回流の中心は負圧になり液体中の気体が中心に集まって負圧軸が形成される。一方、気液導入孔から中空部内へ流入した液体は、旋回しながら気液噴出孔側へ移動していく。こうして中空部内で二次液体導入管と気液導入孔とを介して供給された流体が合流して、多量で微細な気泡を生じさせることができる。

(3) 中空部内には二次液体導入管から旋回方向が気液導入孔からの流体の噴出方向とは正又は逆の気液混合流体を噴出させることができる。噴出される気液混合流体の旋回方向を中空部内の液体の旋回方向と逆にした場合は、負圧軸に収束された気体は瞬間的に微細気泡となって、中空部内の液体と混合されて気液噴出孔から噴出するので、気液噴出孔が空気中に配置されていても、微細気泡を多量に含有した液体を噴出することができる。

(4) 中空部には、気体を取り込むための孔等がないので、微細気泡発生器を化学反応槽や化学石油プラントにおけるガス洗浄槽、汚水処理槽に用いる場合は、ポンプのON/OFF時等に装置内に残圧が残っていて流体が逆流しても反応物や汚物により目詰まりを起こすことがない。

(5) 微細気泡とすることができるので、気泡の表面積が極めて大きく、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

ここで、二次液体導入管に供給する液体は、気液導入孔に供給する流体と同種のものでも異種のものでもよく、水や薬液、反応液、液体燃料等が用いられる。内部ノズル部は、円錐状、球状、半球状、円錐台状、半球台状、砲弾状のもの等が用いられる。

気液噴出孔から流体となって噴出される気泡の粒径は、各液体導入管からの流体の吐出圧や各ノズルの形状に基づく旋回速度により適宜選択される。

請求項11に記載の微細気泡発生器は、請求項10に記載の発明において、前記内部ノズル部及び、前記内部中空部、前記二次液体導入管とを有する旋回流発生部が、前記中空部に入れ子状に多段にして設けられて構成されている。

この構成により、請求項1の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 各旋回流発生部に種類の異なる液体もしくは気体を流入させることによって、より多くの種類の液体や気体を混合することができる。

(2) 混合燃料を一回の処理で高酸素率で製造でき、ボイラー等の燃焼効率を高めることができる。

(3) 化学工場等の工場の種類の異なる排ガスや反応ガスを同時に中和液や洗浄液、反応液に供給することができる。

(4) 養殖場等でオゾンガスを供給し、次いで空気を供給して高殺菌と高酸素含

有化を同時に達成させることができる。

請求項 1 2 に記載の微細気泡発生器は、請求項 1 0 又は 1 1 に記載の発明において、前記二次液体導入管が、前記内部ノズル部の後部側の前記気液導入孔と同一方向又は反対方向の接線方向に開口されて接続されている。

この構成により、請求項 1 0 又は 1 1 の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 内部ノズル部から中空部内へ、気液混合流体が旋回しながら進入するので、気液混合流体と液体とが効率よく混合することができる。

(2) 気液混合流体の旋回力に内部ノズル部からの液体の旋回力が加わり、より強い旋回流が生じるので、勢い良く、より広範囲へ多量の微細気泡を噴出させ拡散させることができる。

(3) 二次液体導入孔や直列状に接続された内部ノズル部の液体導入孔が気液導入孔と反対方向の接線方向に開口されている場合は、多段に形成された微細気泡発生器内で、液体への気体の吸収率や反応率を高めることができる。

(4) 中空部内や各内部ノズル部での液体の旋回速度を調整することで、気液噴出孔から微細気泡を多量に噴出させることができる。

請求項 1 3 に記載の微細気泡発生器は、請求項 1 0 乃至 1 2 の内いずれか 1 項に記載の発明において、前記内部中空部の後壁又は最後尾に配置された前記旋回流発生部の内部中空部の後壁に内部ノズル部気体自吸孔が配置されて構成されている。

この構成により、請求項 1 0 乃至 1 2 の内いずれか 1 項の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 二次液体導入管から内部中空部内へ接線方向から連続的に流入した気液混合流体や液体は、旋回しながら内部ノズル部側へ移動していく。この際、液体には遠心力が働き、旋回流の中心は負圧になるので、内部ノズル部気体自吸孔から気体が吸引され、吸引された気体が中心に集まって負圧軸が形成される。一方、気液導入孔から中空部内へ流入した液体は、旋回しながら気液噴出孔側へ移動していく。こうして中空部内で二次液体導入管と気液導入孔とを介して供給された流体が合流して、多量で微細な気泡を生じさせることができる。

なお、中空部内には二次液体導入管から旋回方向が気液導入孔からの流体の噴出方向とは正又は逆の気液混合流体を噴出させることができる。

内部ノズル部付近の液体には、内部ノズル部の負圧軸により内部ノズル部へ進入しようとする力が働く。一方、内部ノズル部気体自吸孔からの気体を含む気液混合流体は、内部ノズル部内を旋回しながら移動し、内部ノズル部の噴出孔に近づくとつれて旋回速度が速くなるとともに圧力が高くなり、先端の噴出孔付近で旋回速度及び圧力は最大となって負圧液と押し合う状態となる。気液混合流体は負圧液を避けるようにして、二次噴出孔の縁部付近から流出する。流出する際に、負圧軸の圧縮された気体は、微細気泡となって剪断され、中空部内へ気液混合流体とともに噴出し中空部内の液体と混合された後、気液噴出孔から噴出される。

(2) 微細気泡とすることができるので、気泡の表面積が極めて大きく、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

内部ノズル部気体自吸孔に供給する気体としては、污水处理槽等の場合には空気、プール等の水の殺菌の場合にはオゾン、化学反応の場合は反応ガス（HCN、HCl、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>等）等が用いられる。

請求項14に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項1乃至13の内何れか1項に記載の微細気泡発生器と、前記微細気泡発生器に気液混合液を供給するポンプと、下流側が前記ポンプの吸込口に接続された気液吸込管と、上流側が前記ポンプの吐出口に接続され下流側が前記微細気泡発生器の前記気液導入孔に接続された気液吐出管と、を有して構成されている。

この構成により、以下のような作用が得られる。

(1) 微細気泡発生器には気体を取り込むための細孔等がないので、ポンプのON/OFF時等に装置内に残圧が残っていて流体が逆流しても流体や固形物により目詰まりを起こすことがない。

(2) ポンプ内に吸い込まれた気液混合流体は、ポンプのインペラにより液体と共に攪拌され、気泡が拡散されながらポンプの吐出口から気液吐出管に吐き出される。

(3) 気液吐出管から微細気泡発生器に供給された気液混合流体は中空部内でさ

らに攪拌され微細な気泡にされるので、従来の技術に比べてさらに粒径の微細な気泡を発生することができる。

(4) 気液吐出管から気液導入孔を経て接線方向から微細気泡発生器内に流入した気液混合流体は、中空部内で回転することにより激しく気液混合されながら、気液噴出孔側へ移動すると共に、気泡が中心軸に収束し負圧軸が形成される。微細気泡発生器内の気液混合流体は、回転しながら気液噴出孔に近づくにつれて、回転速度が速くなるとともに圧力が高くなり、気液噴出孔付近で回転速度及び圧力は最大となり、負圧液と押し合う状態になる。負圧軸に集まった気体は、負圧液と回転している気液混合流体とによって形成された間隙で圧縮、剪断させながら通過し、多量の微細気泡を含有した流体として気液噴出孔から外部の液中へ噴出される。

ここで、微細気泡発生装置は、浄水場や河川、湖沼、ダムの浄化、畜産排尿の浄化、活魚の輸送時や養殖時等の酸素供給、水耕栽培時の溶存酸素量増加、ヘドロ等の浮上による汚濁水処理、貯水槽のカルキ類の除去、オゾン混合による殺菌、滅菌、脱臭、入浴時の血行促進、洗濯機、発酵食品類の発酵及び培養の促進、各種薬品と各種ガスの高密度接触による溶解及び中和、化学工場の気液反応装置における気液反応の促進、顔面洗浄器等に用いられる。

ポンプとしては陸上設置型や、液中ポンプ等が用いられる。種類としては遠心ポンプ、回転ポンプ、斜流ポンプ、軸流ポンプが液体の種類や流量に応じて適宜決定される。

なお、気液吸込管の管径やポンプの能力を変えることにより、気液吸込管内を流れる液体の流量が変わるので、気液吸込管内に吸い込まれる気体量を変化させることができる。

請求項 15 に記載の微細気泡発生器及を備えた微細気泡発生装置は、請求項 14 に記載の発明において、前記気液吸込管の所定部に穿設された吸込管部気体自吸孔を有して構成されている。

この構成により、請求項 14 の作用に加えて以下のような作用が得られる。

(1) 気体は吸込管部気体自吸孔から気液吸込管に吸い込まれ、微細気泡発生器には、気体を取り込むための細孔等がないので、ポンプの ON/OFF 時等に装

置内に残圧が残っていて流体が逆流しても目詰まりを起こすことがない。

(2) ポンプを駆動させると気液吸込管に水流が発生して、このエジェクタ効果により気液吸込管部気体自吸孔から気液吸込管内に気体が液体の随伴流として吸引される。こうして気体を含む気液混合流体が、ポンプの吸込口からポンプ内に吸い込まれる。ポンプ内に吸い込まれた気液混合流体は、ポンプのインペラにより、気泡が拡散されながらポンプの吐出口から気液吐出管内に吐き出される。

(3) 吸込管部気体自吸孔から供給される気体の流量を制御できるので、微細気泡の量や大きさ等を適正に調整することができる。

請求項 16 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 15 に記載の発明において、一端が前記吸込管部気体自吸孔に接続され他端が空気中で開口した又は反応ガス容器と連通した気体導入管を備えて構成されている。

この構成により、請求項 15 の作用に加えて以下のような作用が得られる。

(1) 気体導入管を所望の容器等に連通させることにより、所望の気体を気液吸込管内に流入させることができる。

ここで、気体自吸管の一端を空気中で開口させることにより、気体導入管に空気を流入させることができ、養殖池や養殖場、鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

気体自吸管の一端を反応ガス容器に連通させることにより、化学工場の気液反応装置における気液反応を促進させることができる。

請求項 17 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 16 に記載の発明において、前記気体導入管の所定部に配設され前記気体導入管の開口面積を調節する気体流量調節バルブを備えて構成されている。

この構成により、請求項 16 の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 気体流量調節バルブ調節することにより、液体に混入する気体量を調節することができるので、発生する微細気泡の大きさを調節することができる。

請求項 18 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 16 又は 17 に記載の発明において、前記気体導入管の所定部に配設されたエアポンプを備えて構成されている。

この構成により、請求項 16 又は 17 の作用に加え、以下のような作用が得ら

れる。

(1) エアポンプにより強制的に気体を供給することができるので、液体に混合する気体量を増加させることができる。

請求項 19 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 14 乃至 18 の内何れか 1 項に記載の発明において、前記ポンプが液中に全体を浸漬させて用いられる液中ポンプであるように構成されている。

この構成により、請求項 14 乃至 18 の内何れか 1 項の作用に加えて以下のような作用が得られる。

(1) 液中ポンプは液中に配置されるので、陸上にポンプを配置するための場所を必要とせず、使用性に優れる。

(2) 液中ポンプの吸込口から直接流体を吸い込み、気液吸込管を必要としないので、部品点数が少なくなり生産性に優れる。

(3) 吸込口が液中に開口されているので、液中ポンプの ON/OFF 時に残圧がかからず、気体導入管に流体が逆流せず目詰まりを起こすことがない。

請求項 20 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 19 に記載の発明において、前記液中ポンプが、羽根車状に形成されたインペラと、前記インペラを内蔵する吸込室と、前記吸込室の周壁の接線方向に接続される前記気液吐出管と、前記インペラの回転軸部に対向して開口され周囲の液体を吸引する吸込口と、前記吸込口の近傍にその基端開口部が配置される気体導入管と、前記インペラを回転させるモータが内蔵されたモータ室と、を有して構成されている。

この構成により、請求項 19 の作用に加えて以下のような作用が得られる。

(1) 羽根車状に形成されたインペラを吸込室で回転させることにより、インペラの回転軸部に対向して開口した吸込口から周囲の液体を吸引して吸込室内に取り込むと共に、吸込室の周壁の接線方向に接続された気液吐出管から気液混合流体を吐出させることができる。

(2) インペラを駆動させるモータを備えたモータ室とインペラを備えた吸込室とが一体に形成されているので、全体をコンパクトにして携帯性や設置の自在性に優れ、また、浄水場や沈殿槽等に容易に適用することができる。

請求項 2 1 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 2 0 に記載の発明において、前記液中ポンプが、前記吸込口に端部が開口して配置され前記気体導入管が接続される負圧部と、一端側が前記気液吐出管の所定部に接続されその他端側が前記負圧部に接続される分岐管と、を備えて構成されている。

この構成により、請求項 2 0 の作用に加えて以下のような作用が得られる

(1) 分岐管が液中ポンプの吸込口付近に配設されているので、分岐管内に負圧が発生し、この負圧によって気体導入管から負圧管内に気体が吸い込まれ液体中に混入させることができる。

(2) 負圧管の内径が分岐管の内径より大きいので、流体が分岐管から負圧管に流入した際に、負圧管内に負圧が発生し、これにより気体導入管から負圧管内に気体が吸い込まれ液体中に混入する。

(3) 分岐管が液中ポンプの吸込口付近で開口されているので、液中ポンプの ON/OFF 時に残圧がかからず、気体導入管に流体が逆流せず目詰まりを起こすことがない。

請求項 2 2 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 1 8 乃至 2 1 の内何れか 1 項に記載の発明において、前記エアポンプのインペラが、前記ポンプ又は前記液中ポンプの回転軸に連動して配設されて構成されている。

この構成により、請求項 1 8 乃至 2 1 の内何れか 1 項の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) エアポンプ用のモータ等の駆動部を別途必要としないので、生産性に優れるとともに装置全体を小型化することができる。

請求項 2 3 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置は、請求項 1 4 乃至 2 2 の内何れか 1 項に記載の発明において、前記微細気泡発生器が複数備えられ、前記気液吐出管が各々の前記微細気泡発生器の前記気液導入孔に接続されて構成されている。

この構成により、請求項 1 4 乃至 2 2 の内何れか 1 項の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 複数の微細気泡発生器を用いてそれぞれの気液噴出孔から多量の微細気泡



を所定の方向に噴出させることができるので、微細気泡をより広範囲に噴出させることができる。

(2) それぞれの気液噴出孔の傾斜部の角度を調整することにより、全体の水流の吐出状態を制御して、さらに効率的に広い範囲の水処理を行うことができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図(a)は実施の形態1の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第1図(b)は実施の形態1の微細気泡発生器の要部正面図である。

第1図(c)は実施の形態1の微細気泡発生器の要部側面図である。

第2図は微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部正面状態図である。

第3図(a)は実施の形態2の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第3図(b)は実施の形態2の微細気泡発生器の要部正面図である。

第3図(c)は実施の形態2の微細気泡発生器の要部側面図である。

第4図(a)は実施の形態3の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第4図(b)は実施の形態3の微細気泡発生器の要部正面図である。

第4図(c)は実施の形態3の微細気泡発生器の要部側面図である。

第5図(a)は実施の形態4の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第5図(b)は実施の形態4の微細気泡発生器の要部正面図である。

第5図(c)は実施の形態4の微細気泡発生器の要部側面図である。

第6図(a)は実施の形態5の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第6図(b)は実施の形態5の微細気泡発生器の要部正面図である。

第6図(c)は実施の形態5の微細気泡発生器の要部側面図である。

第7図は実施の形態6の微細気泡発生装置の使用状態図である。

第8図は実施の形態7の微細気泡発生装置の使用状態図である。

第9図は実施の形態7の液中ポンプの内部構成図である。

第10図は実施の形態8の微細気泡発生装置の使用状態図である。

第11図は実施の形態8の液中ポンプ及びエアポンプの内部構成図である。

第12図は(a)実施の形態9の微細気泡発生装置の微細気泡発生器の接続部を示す要部平面図である。

第12図は(b)実施の形態9の微細気泡発生装置の微細気泡発生器の接続部

を示す要部側面図である。

第13図は実施の形態10の微細気泡発生器の要部側面断面図である。

第14図(a)は実施の形態11の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第14図(b)は実施の形態11の微細気泡発生器の要部側面図である。

第14図(c)は実施の形態11の微細気泡発生器の要部正面図である。

第15図は実施の形態11の微細気泡発生器の流体の状態を示す要部側面状態図である。

第16図(a)は実施の形態12の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第16図(b)は実施の形態12の微細気泡発生器の要部正面図である。

第16図(c)は実施の形態12の微細気泡発生器の要部側面図である。

第17図は実施の形態12の微細気泡発生器の流体の状態を示す要部正面状態図である。

第18図(a)は実施の形態13の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第18図(b)は実施の形態13の微細気泡発生器の要部正面図である。

第18図(c)は実施の形態13の微細気泡発生器の要部側面図である。

第19図は実施の形態13の微細気泡発生器の流体の状態を示す要部正面状態図である。

第20図(a)は実施の形態14の微細気泡発生器の斜視図である。

第20図(b)は実施の形態14の微細気泡発生器の背面図である。

第21図は実施の形態15の微細気泡発生装置の構成図である。

第22図は実施の形態14、15の微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部側面断面図である。

第23図(a)は実施の形態16の微細気泡発生器の斜視図である。

第23図(b)は実施の形態16の微細気泡発生器の背面図である。

第24図は実施の形態17の微細気泡発生装置の構成図である。

第25図(a)は実施の形態18の微細気泡発生器の斜視図である。

第25図(b)は実施の形態18の微細気泡発生器の背面図である。

第26図は実施の形態19の微細気泡発生装置の構成図である。

第27図は実施の形態18、19の微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要

部側面断面図である。

第 28 図 (a) は実施の形態 20 の微細気泡発生器の斜視図である。

第 28 図 (b) は実施の形態 20 の微細気泡発生器の背面図である。

第 29 図は実施の形態 21 の微細気泡発生装置の構成図である。

第 30 図 (a) は実施の形態 22 の微細気泡発生器の斜視図である。

第 30 図 (b) は実施の形態 22 の微細気泡発生器の背面図である。

第 31 図は実施の形態 23 の微細気泡発生装置の構成図である。

第 32 図は実施の形態 22、23 の微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部側面断面図である。

第 33 図 (a) は実施の形態 24 の微細気泡発生器の要部斜視図である。

第 33 図 (b) はその要部側面断面図である。

第 34 図は実施の形態 24 の微細気泡発生器の使用状態の説明図である。

第 35 図は実施の形態 25 の微細気泡発生器の要部側面断面図である。

第 36 図は実施の形態 25 のタンク部気体自吸孔と気体軸との重なりを説明する要部背面断面図である。

発明を実施するための最良の形態

(実施の形態 1)

実施の形態 1 における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながら説明する。

図 1 (a) は実施の形態 1 における微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 1 (b) はその要部正面図であり、図 1 (c) はその要部側面図である。

図 1 において、1 は実施の形態 1 における微細気泡発生器、1 a は球状の中空部を有する器体、1 b は器体 1 a の直径と直交するように（接線方向に）器体 1 a に配設固定された気液導入管、1 c は器体 1 a に接線方向に開口された気液導入管 1 b の気液導入孔、1 d は器体 1 a の気液導入孔 1 c から中心に向けた中心と直交する直径方向の両端部に穿設された気液噴出孔である。

気液噴出孔 1 d は器体 1 a の中心軸から気液導入孔 1 c 側と反対側に少しずらした位置に穿設されている。器体 1 a 内に流入した気液混合流体の旋回流により気液噴出孔 1 d、1 d 間に形成される負圧軸が気液導入孔 1 c から流入する気液

混合流体に押されて気液導入孔 1 c 側と反対側に少しずれるためである。負圧軸が形成される位置にあわせて気液噴出孔 1 d を穿設することにより微細気泡を最大限に発生させることができる。

気液導入孔 1 c と器体 1 a の中心部とを結ぶ直線、及び、気液噴出孔 1 d と器体 1 a の中心部とを結ぶ直線の交わる角度 ( $\alpha$ ) が、 $10^\circ < \alpha < 170^\circ$ 、好ましくは  $45^\circ < \alpha < 160^\circ$ 、更に好ましくは液体の種類にもよるが  $60^\circ < \alpha < 120^\circ$  のものが用いられる。 $\alpha > 120^\circ$  になるにつれ気液導入孔 1 c から気液噴出孔 1 d へ流体がショートパスを起こす傾向が見られ、 $\alpha < 60^\circ$  になるにつれ流体にかかる剪弾力は強くなるが気泡の粒径が安定しなくなる傾向がみられ  $\alpha > 160^\circ$  もしくは  $\alpha < 45^\circ$  になるにつれ液体の種類にもよるがこれらの傾向が大きく、 $\alpha > 170^\circ$ 、 $\alpha < 10^\circ$  になると更に大きくなる傾向があるので好ましくない。特に好ましくは  $90^\circ$  に設定するとよい。

以上のように構成された実施の形態 1 における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

図 2 は微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部断面状態図である。

図 2 において、1 は微細気泡発生器、1 a は器体、1 b は気液導入管、1 c は気液導入孔、1 d は気液噴出孔であり、これらは図 1 と同様のものであるので、同一の符号を付してその説明を省略する。尚、本実施の形態 1 における気液噴出孔 1 d の縁部は外側に拡開した湾曲面 1 d' が形成されている。

1 e は外部からの負圧液と器体 1 a 内で旋回する気液混合流体によって形成された気液噴出孔 1 d における間隙、X は器体 1 a 内を旋回する気液混合流体により形成される負圧軸である。

気液導入孔 1 c から（接線方向から）器体 1 a 内に気液混合流体を流入させると、この気液混合流体は、旋回することにより激しく気液混合されながら、気液噴出孔 1 d 側へ移動していく。この際、液体と気体との比重の差によって、液体には遠心力が働き、気体には向心力が働き、中心軸側に負圧軸 X が形成される。

また、負圧軸 X により、気液噴出孔 1 d 付近の液相の液体には、外部の液体が気液噴出孔 1 d 内に進入しようとする力が働く。一方、器体 1 a 内の気液混合流体は、旋回しながら気液噴出孔 1 d に近づくにつれて、旋回速度が

速くなり、気液噴出孔 1 d 付近で旋回速度は最大となり、負圧液と押し合う状態になる。よって、負圧軸 X に集まった気体は、旋回している気液混合流体と負圧液とによって形成された間隙 1 e を圧縮気体となって通過し、微細気泡発生器 1 の湾曲面 1 d' に沿うようにして多量の微細気泡を含む流体となって気液噴出孔 1 d から液相中へ噴出される。

この際、気液噴出孔 1 d の縁部（側面）は湾曲面 1 d' が形成されており、湾曲面 1 d' において、気体にさらに圧力がかかり剪断され、より微細な多量の気泡が流体となって噴出される。

以上のように構成された実施の形態 1 の微細気泡発生器によれば、以下のような作用が得られる。

（１）微細気泡発生器 1 の器体 1 a には、気液導入孔 1 c を中心として両側の対称位置の中心線に気液噴出孔 1 d が穿設されているので、微細気泡を微細気泡発生器 1 の両側から広範囲に噴出させることができる。

（２）微細気泡発生器 1 は球状であるので負圧液の圧力により、微細気泡を気液噴出孔 1 d から器体 1 a の周囲に、より広範囲に噴出させることができる。

（３）負圧軸 X に集まった気体が噴出される際に、負圧液により圧縮されながら剪断されるので、より微細で多量の気泡を噴出させることができる。

（４）微細気泡発生器 1 を気液反応装置や污水处理装置等に用いた場合、ポンプの ON/OFF 時等に装置内の残圧（負圧）により液体が逆流しても、微細気泡発生器 1 には気体を取り込むための細孔等がないので、反応物や汚物により目詰まりを起こすことがない。

（５）微細気泡発生器 1 には、気体を取り込むための細孔等がないので、器体 1 a 内を高圧にしても逆流を起こさないで、多量の気液混合流体を供給でき、その分より微細で多量の気泡を噴出させることができる。

（６）微細な気泡を多量に発生させるので、気体と液体の接触面積を大きくすることができ、気液反応装置における反応や、河川やダム、下水処理場等の浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

（実施の形態 2）

次に、実施の形態 1 の微細気泡発生器とは別の形状の微細気泡発生器について、以下図面を参照しながら説明する。

図 3 (a) は実施の形態 2 における微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 3 (b) はその要部正面図であり、図 3 (c) はその要部側面図である。

図 3 において、1 a は器体、1 b は気液導入管、1 c は気液導入孔、1 d は気液噴出孔であり、これらは実施の形態 1 と同様のものであるので、同一の符号を付してその説明を省略する。

2 は実施の形態 2 における微細気泡発生器、2 a は気液噴出孔 1 d に一体に形成又は接続された円錐台状のノズルである。

以上のように構成された実施の形態 2 の微細気泡発生器によれば、実施の形態 1 の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) ノズル 2 a の配設角度によって、微細気泡を所望の方向に噴出させることができる。

(2) ノズル 2 a は吐出方向に向かって絞られた形状を有しているので、微細気泡をより遠くに噴出させることができる。

(実施の形態 3)

図 4 (a) は実施の形態 3 の 2 連式の微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 4 (b) はその要部正面図であり、図 4 (c) はその要部側面図である。

3 は実施の形態 3 における 2 連式の微細気泡発生器、3 a' は球状部 3 a が 2 つ連設された形状を有する器体であり、この 2 つの球状部 3 a の中空部は連通している。3 b は一端が 2 つの球状部 3 a の連通部に開口して接続された気液導入管、3 c は球状部 3 a の 2 つの連通部の接線方向に開口された気液導入管 3 b の気液導入孔、3 d は気液導入管 3 b に直交する球状部 3 a の軸方向の両端部にそれぞれ穿設された気液噴出孔である。

気液導入孔 3 c から流入した気液混合流体は器体 3 a' の各々の球状部 3 a の接線方向から流入し各々の球状部 3 a 内を実施の形態 1 と同様に移動した後、気液噴出孔 3 d から噴出される。

以上のように構成された実施の形態 3 の微細気泡発生器によれば、実施の形態 1 の作用に加え、微細気泡発生器 3 は 4 つの気液噴出孔 3 d を有するので微細気

泡をより広範囲に噴出できるという作用が得られる。

(実施の形態 4)

図 5 (a) は実施の形態 4 における微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 5 (b) はその要部正面図であり、図 5 (c) はその要部側面図である。

図 5 において、4 は実施の形態 4 における半球部とその半球部の後部に連設された円筒部とを有する微細気泡発生器、4 a は中空部が半球状に形成された半球部、4 a' は有底の円筒部、4 b は円筒部 4 a' に接線方向に配設固定された気液導入管、4 c は円筒部 4 a' に接線方向に開口された気液噴出管 4 b の気液噴出孔、4 d は半球部 4 a の頂部に穿設された気液噴出孔である。

以上のように構成された実施の形態 4 の微細気泡発生器によれば、実施の形態 1 の作用の (2) 乃至 (5) に加え、噴出される気液を一方向に噴射でき、しかもコンパクトに構成できるという作用を有する。

(実施の形態 5)

図 6 (a) は実施の形態 5 における微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 6 (b) はその要部正面図であり、図 6 (c) はその要部側面図である。

図 6 において、5 は実施の形態 5 における微細気泡発生器、5 a は 2 つの円錐形状体 5 a 1 が中央の円筒体部 5 a 2 で連通した中空部の形状を有する器体、5 b は器体 5 a の円筒体部 5 a 2 の接線方向に配設固定された気液導入管、5 c は円筒体部 5 a 2 の接線方向に開口された気液導入管 5 b の気液導入孔、5 d は各円錐形状体 5 a 1 の各頂部に穿設された気液噴出孔である。

以上のように構成された実施の形態 5 の微細気泡発生器によれば、実施の形態 4 の作用に加え、器体 5 a が気液導入孔 5 c から気液噴出孔 5 d に向かって一気に収束する形状を有しているため、器体 5 a 内を旋回する流体に急激な剪断力が働き、粘度が高い流体でも十分に攪拌させることができるという作用が得られる。

(実施の形態 6)

実施の形態 6 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 7 は実施の形態 1 における微細気泡発生器を装備した実施の形態 6 における

微細気泡発生装置の使用状態図である。

図 7 において、1 は実施の形態 1 における微細気泡発生器、1 1 は実施の形態 6 における微細気泡発生装置、1 2 は吸込口 1 2 a 及び吐出口 1 2 b を有するポンプ、1 3 は下流側がポンプ 1 2 の吸込口 1 2 a に接続された気液吸込管、1 4 は上流側がポンプ 1 2 の吐出口 1 2 b に接続され下流側が微細気泡発生器 1 の気液導入管 1 b に接続された気液吐出管、1 5 は一端側が空気中で開口され他端側が気液吸込管 1 3 の所定部に穿設された吸込管の気体自吸孔 1 5 a に接続された気体導入管である。

1 6 は気体導入管 1 5 の所定部に配設された気体流量調節バルブ、1 7 は気液吸込管 1 3 の上流側端部に配設され異物の混入を防止するストレーナ、1 8 は微細気泡発生器 1 及びストレーナ 1 7 が沈水された水槽や海、プール、又は化学工場における気液反応槽等の液相である。

以上のように構成された実施の形態 6 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

ポンプ 1 2 を駆動させると、液相 1 8 の液体は、ストレーナ 1 7 を経て気液吸込管 1 3 に流入する。気液吸込管 1 3 の気体自吸孔 1 5 a において、気液吸込管 1 3 内に気体導入管 1 5 から気体が液体の随伴流として吸引され、気液混合流体となり、ポンプ 1 2 の吸込口 1 2 a からポンプ 1 2 内に吸い込まれる。ポンプ 1 2 内に吸い込まれた気液混合流体は、ポンプ 1 2 のインペラ（図示せず）により、気泡が拡散されながらポンプ 1 2 の吐出口 1 2 b から気液吐出管 1 4 内に吐き出され、微細気泡発生器 1 内に流入する。

尚、微細気泡発生器 1 内の動作は実施の形態 1 と同様のものなので、その説明を省略する。

また、微細気泡発生装置 1 1 は気液吸込管 1 3 の気体自吸孔 1 5 a に気体導入管 1 5 が接続されているが、気体導入管 1 5 を接続せず気体自吸孔 1 5 a のみを気液吸込管 1 3 に設けるか、気体導入管 1 5 の端部を気液吸込管 1 3 内に配置しエジェクター式にしても気体は気液吸込管 1 3 内に自吸されるので、同様に実施可能である。

以上のように構成された実施の形態 6 の微細気泡発生装置によれば、以下のよ



うな作用が得られる。

(1) 気液吸込管 13 内に吸い込まれた器体は、ポンプ 12 内でインペラにより拡散されるので、さらに微細な気泡を発生させることができる。

(2) 気体流量調節バルブ 16 を調節することにより、気液吸込管 13 内に吸い込まれる気体量を調節することができるので、微細気泡の量を調節することができる。

尚、実施の形態 6 においては、実施の形態 1 に記載の微細気泡発生器を用いたが、実施の形態 2 乃至 5 に記載の微細気泡発生器を用いても同様に実施可能である。

#### (実施の形態 7)

次に、実施の形態 7 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 8 は実施の形態 7 における微細気泡発生装置の使用状態図であり、図 9 は実施の形態 7 における液中ポンプの要部構成図である。

図 8 及び図 9 において、1 は実施の形態 1 における微細気泡発生器、1 a は器体、1 b は気液導入管、1 c は気液導入孔、1 d は気液噴出孔、16 は気体流量調節バルブ、18 は液相であり、これらは実施の形態 1、6 と同様のものなので同一の符号を付してその説明を省略する。

21 は実施の形態 7 における微細気泡発生装置、22 は吸込口 22 a 及び吐出口 22 b を有する液中ポンプ、22 c は液中ポンプ 22 の吸込室、22 d は吸込室 22 c と仕切られたモータ室、22 e はモータ室 22 d に配設され回転軸が吸込室 22 c に達するモータ、22 f はモータ 22 e の回転軸に配設されたインペラ、22 g は液中ポンプ 22 の吸込口 22 a に異物が混入することを防止するストレーナである。ストレーナ 22 g のストレーナ孔は後述する分岐管の内径より小さく形成されている。これにより、分岐管の異物による詰まりを防止することができる。

23 は上流側が液中ポンプ 22 の吐出口 22 b に接続された気液吐出管、24 は上流側が気液吐出管 23 の所定部に接続された分岐管、25 は下流側が液中ポンプ 22 の吸込口 22 a 付近で開口され上流側に分岐管 24 の下流側が接続され

内径が分岐管 2 4 より大きい負圧管、2 6 は上流側の開口端部に後述のエア流量計が配設され下流側が負圧管 2 5 に接続された気体導入管、2 7 は気体導入管 2 6 の上流側の開口端部に配設され気体導入管 2 6 への気体の吸い込み量を確認するためのエア流量計である。

以上のように構成された実施の形態 7 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

モータ 2 2 e を駆動させ、インペラ 2 2 f が回転すると、液相 1 8 の液体はストレーナ 2 2 g を経て吸込口 2 2 a から吸込室 2 2 c に吸い込まれる。吸込室 2 2 c に流入した液体は吐出口 2 2 b から気液吐出管 2 3 内に吐出され、この液体の内の一部は分岐管 2 4 を経て負圧管 2 5 に流入する。

液体が分岐管 2 4 から負圧管 2 5 に流入する際、負圧管 2 5 の内径は分岐管 2 4 の内径より大きく形成されているので、負圧管 2 5 内の圧力は分岐管 2 4 内の圧力より低くなり負圧力が発生する。また、負圧管 2 5 の下流側の開口部は吸込口 2 2 a 付近に配設されているので、インペラ 2 2 f の吸込力による負圧力も発生する。これらの負圧力により、気体導入管 2 6 から負圧管 2 5 内に気体が吸い込まれ液体に混入し、気液混合流が生成される。気液混合流は、負圧管 2 5 から吸込口 2 2 a を経て吸込室 2 2 c に流入し、インペラ 2 2 f によりある程度微細な気泡が作られながら、気液吐出管 2 3 に流入する。気液混合流は、気液吐出管 2 3 を経て微細気泡発生器 1 内に流入し、気液噴出孔 1 d から多量の微細気泡が流体となって噴出される。

尚、微細気泡発生器 1 内の流体の動作は、実施の形態 1 と同様のものなので、その説明を省略する。

尚、液中ポンプ 2 2 に接続される気体導入管 2 6 の端部を陸上に配置されたポンプの排水部に接続し、ポンプの給水管の取水口を水中に配置して、前記給水管に空気を取り入れる吸気部を設けて、微細気泡発生器 1 に空気を含む水流を供給することもできる。

さらに、この液中ポンプ 2 2 を通水管を介して複数直列に配置して、遠方や深度の深い水底に微細気泡を含む水流を多量に供給させることも可能である。

以上のように構成された実施の形態 7 の微細気泡発生装置によれば、以下のよ

うな作用が得られる。

(1) 液中ポンプ 22 は液相 18 中に配置されるので、陸上にポンプを配置するための場所を必要とせず、使用性に優れる。

(2) 液中ポンプ 22 の吸込口 22 a から直接流体を吸い込み、気液吸込管を必要としないので、部品点数が少なくなり生産性に優れる。

(3) 負圧管 25 が液中ポンプ 22 の吸込口 22 a 付近に配設されているので、液中ポンプ 22 の ON/OFF 時に残圧がかからず、気体導入管 26 に流体が逆流せず目詰まりを起こすことがない。

(4) 気体流量調節バルブ 7 を調節することにより、気液吸込管に流入する気体の量を調節することができるので、微細気泡の量を調節することができる。

(5) 液中ポンプ 22 のインペラ 22 f の回転力を直接利用するので、圧力損失が少なく、効率的に微細気泡発生器 1 を移動させることができる。

(6) 液中ポンプ 22 の 22 c に複数の微細気泡発生器 1 を配設して、多量の微細気泡を発生させ、ダムや河川などの浄化を行うことができる。

尚、実施の形態 7 においては、実施の形態 1 に記載の微細気泡発生器を用いたが、実施の形態 2 乃至 5 に記載の微細気泡発生器を用いても同様に実施可能である。

#### (実施の形態 8)

次に、実施の形態 8 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 10 は実施の形態 8 における微細気泡発生装置の使用状態図であり、図 11 は実施の形態 8 におけるエアポンプ兼用液中ポンプの内部構成図である。

図 10 及び図 11 において、28 a はエアポンプ兼用液中ポンプ 28 の上部に配設され吸込口 28 b 及び吐出口 28 c を有するエア送気部、28 d はエア送気部 28 a の駆動室、28 e はモータ 22 e の上方に突出した回転軸に配設されたインペラである。モータ 22 e の回転軸は、実施の形態 7 においては下方にのみ突出していたが、本実施の形態 8 においては上方及び下方に突出している。

29 は下流側がエア送気部 28 a の吸込口 28 b に接続され上流側の開口端部に後述のエア流量計が配設された第 1 の気体導入管、30 は第 1 の気体導入管 2

9の上流側の開口端部に配設され第1の気体導入管29への気体の吸い込み量を確認するためのエア流量計、31は上流側がエアポンプ兼用液中ポンプ28の吐出口28cに接続され下流側が負圧管25の所定部に接続された第2の気体導入管、32は分岐管24の所定部に配設された既存の手動弁等からなる分岐流量調節バルブである。エアポンプ兼用液中ポンプ28やインペラ22fにより十分に気体が負圧管25内に供給される場合は、分岐流量調節バルブ32を閉弁し気液吐出管23内の流量を確保する。

なお、図面での説明の都合上、微細気泡発生器を1基液中ポンプ22に配設したもので説明したが、エアポンプ兼用水中ポンプ28の吸込室22cの周囲に複数基の微細気泡発生器を設けてもよい。この場合全ての気液吐出管23に分岐管を設けてもよい。

以上のように構成された実施の形態8における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

モータ22eを駆動させ、液中ポンプ22のインペラ22fが回転すると、液相18の液体はストレーナ22gを経て吸込口22aから吸込室22cに吸い込まれる。吸込室22cに流入した液体は吐出口22bから気液吐出管23内に吐出され、この液体の内の一部は分岐管24を経て負圧管25に流入する。

また、液体が分岐管24から負圧管25に流入する際、負圧管25の内径は分岐管24の内径より大きく形成されているので、負圧管25内に負圧力が発生する。また、負圧管25の下流側の開口部は吸込口22a付近に配設されているので、インペラ22fの吸込力による負圧力も発生する。

一方、エアポンプ兼用液中ポンプ28のインペラ28eもモータ22eの回転軸に配設されているので、気体が、第1の気体導入管29、エアポンプ兼用液中ポンプ28、第2の気体導入管31を経て負圧管25内に流入する。

これらの負圧力及びエアポンプ28による吐出力により、第1の気体導入管29、エア送気部28a、第2の気体導入管31及びチェックバルブ28fを経て負圧管25内に気体が吸い込まれ液体に混入し、気液混合流が生成される。気液混合流は、負圧管25から吸込口22aを経て吸込室22cに流入し、インペラ22fによりある程度微細な気泡が作られながら、気液吐出管23に流入する。

気液混合流は、気液吐出管 2 3 を経て微細気泡発生器 1 内に流入し、気液噴出孔 1 d から多量の微細気泡が流体となって噴出される。

尚、微細気泡発生器 1 内の流体の動作は、実施の形態 1 と同様のものなので、その説明を省略する。

以上のように構成された実施の形態 8 の微細気泡発生装置によれば、実施の形態 7 の作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) エア送気部 2 8 a のインペラ 2 8 e が、液中ポンプ 2 2 のモータ 2 2 e の回転軸に配設されているので、別途エア送気用の駆動部を設ける必要がなく、生産性に優れるとともに小型化ができる。

(2) 分岐管 2 4 から負圧管 2 5 への内径の変化及びインペラ 2 2 f に負圧力に加え、エアポンプ兼用液中ポンプ 2 8 の吸込力により気体を負圧管 2 5 内に流入させるので、装置全体としての気体の吸込力が向上し、水圧が高い深海部等や比重の大きい液体中であっても微小気泡を発生させることができる。

(3) インペラ 2 2 f による負圧力及びエアポンプ兼用液中ポンプ 2 8 の吸引力のみで、負圧管 2 5 内に気体を流入させることができる場合は、分岐流調節バルブを調整して気液吐出管 2 3 の流量を十分に確保することができる。

(4) 複数の微細気泡発生器を液中ポンプの周囲に取付けることにより、多量の微細気泡を含んだ気液を放出できる。

尚、実施の形態 8 においては、実施の形態 1 に記載の微細気泡発生器を用いたが、実施の形態 2 乃至 5 に記載の微細気泡発生器を用いても同様に実施可能である。

#### (実施の形態 9)

次に、実施の形態 9 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 1 2 (a) は実施の形態 9 における微細気泡発生装置の微細気泡発生器の接続部を示す要部平面図であり、図 1 2 (b) はその要部側面図である。

図 1 2 において、1 は微細気泡発生器、1 a は円周上に多数配列された球状の器体、1 b は気液導入管、1 c は気液導入孔、1 d は気液噴出孔、1 4 は各気液導入管 1 b に気液を供給する気液吐出管であり、これらは実施の形態 1、6 と同

様のものであるので、同一の符号を付してその説明を省略する。

実施の形態 9 の微細気泡発生装置の気液吐出管 1 4 には複数の微細気泡発生器 1 の気液導入孔 1 b が連通している。気液混合流体は気液吐出管 1 4 から各々の微細気泡発生器 1 に流入し各々の気液噴出孔 1 d から微細気泡を多量に含む流体が噴出される。

以上のように構成された実施の形態 9 の微細気泡発生装置によれば、複数の微細気泡発生器 1 から一気に微細気泡を含む流体が噴出され、多量の微細気泡をより広範囲に放出させることができるという作用が得られる。

(実施の形態 1 0)

次に、実施の形態 1 0 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 1 3 は実施の形態 1 0 における微細気泡発生器の要部側面断面図である。

図 1 3 において、4 0 は実施の形態 1 0 の微細気泡発生器、4 1 は略回転対称に形成された中空部を有する器体、4 2 は器体 4 1 の周壁部に接線方向に開口された気液導入孔、4 3 は気液導入孔 4 2 に接続される気液導入管、4 4、4 5 は器体 4 1 の回転対称軸の左右両側にそれぞれ開口した気液噴出孔、4 6 は気液噴出孔 4 4、4 5 の流体噴出方向に拡径して形成された傾斜部である。

実施の形態 1 0 の微細気泡発生器 4 0 は、器体 4 1 の左右に開口して形成された気液噴出孔 4 4、4 5 の傾斜部 4 6 の角度  $\theta 2$ 、 $\theta 1$  を互いに異ならせている点で実施の形態 1 の微細気泡発生器 1 と相違している。

ここでは、傾斜部の角度  $\theta 1$  を 4 0 ~ 7 5 度の範囲として、角度  $\theta 2$  を 1 0 0 ~ 1 6 0 度の範囲としている。

これによって、微細気泡発生器 4 0 の左右両側に噴出される微細気泡を含む気液混合流体の流れは全体として、角度の小さい方の気液噴出孔 4 5 側の流れが角度の大きい方の気液噴出孔 4 4 側より優勢になる。このため、全体として気液噴出孔 4 4 から吐出される気液混合流体の流れが気液噴出孔 4 5 側に吸引されて全体として、気液噴出孔 4 5 側に方向性を持たせて気液混合流体を吐出させることができる。

また、前記傾斜部 4 6 における角度の調整に加えて、各気液噴出孔 4 4、4 5

の最小径  $d_2$ 、 $d_1$  と中空部の最大径  $D$  との比 ( $d_1/D$  又は  $d_2/D$ ) を左右で異ならせることにより、各流量をバランスさせることも可能であり、これらの設定によって、反応容器等における流動状態や攪拌状態を適正にコントロールすることもできる。

実施の形態 10 の微細気泡発生器 40 は以上のように構成されているので、実施の形態 1 の作用の他、以下の作用が得られる。

(1) 気液噴出孔 44、45 の内周壁に噴出側に向かって所定角度で拡径する傾斜部 46 を有しているので、微細気泡を含む水流が拡散する範囲を所定角度内に限定して水流内の圧力を変動させることができ、この部分的な圧力の変動により微細気泡を流体内に効果的に発生させることができる。

(2) 傾斜部 46 における角度や噴出方向の長さを、供給する水の水質や圧力、流量、温度等に応じて、それぞれ調整することで、水流に拡散させる微細気泡の大きさや気泡の集合形態等を微妙に変化させることもできる。

(3) 回転対称軸の両側に気液噴出孔 44、45 を配置しているため、それぞれの傾斜部 46 における傾斜角度を異ならせることにより、微細気泡発生器 40 から全体的に噴出される水流に特定の方向性を付与することができ、化学反応槽や浄化槽等における制御性に優れている。

(4) 傾斜部 46 における角度の調整に加えて、各気液噴出孔 44、45 の最小径  $d$  と中空部の最大径  $D$  との比 ( $d/D$ ) を左右で異ならせることにより、左右の流量をそれぞれ調整して、反応容器等における水流の状態や攪拌状態を適正にコントロールすることができる。

#### (実施の形態 11)

実施の形態 11 における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながら説明する。

図 14 (a) は実施の形態 11 における微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 14 (b) はその側面図であり、図 14 (c) はその正面図である。

図 14 において、101 はプールや鮮魚運搬車の水や海水、反応槽の液等の液相内に配置される実施の形態 11 の微細気泡発生器、102 は後部側から前端部へ集束する形状 (砲弾形状) の中空部を有する合成樹脂製や金属製の器体、10

3は器体102の側壁の後部に接線方向に配設固定された気液導入管、104は器体102の接線方向に開口された気液導入管103の気液導入孔、105は器体102の前端部に穿設され後述の固定キャップ部の隆起部の外形に合わせて縁部が器体102の内部に向かって湾曲した形状を有する気液噴出孔、106は器体102の気液噴出孔105の外周壁の近傍に等距離で3カ所突設されたキャップ支持部、107は気液噴出孔105の外形に沿った形状の隆起部107aが気液噴出孔105に間隙105aを介して遊嵌され隆起部107aから放射状に延設された延設部107bがキャップ支持部106にネジ等により固定された固定式のキャップ部である。

キャップ部107の延設部107bはゴム体等の可撓性材料で形成されており、これにより、隆起部107aは、延設部107bの撓みの許容範囲内で吐出方向に前後動する。これに応じて間隙105aの大きさが変化する。尚、延設部107bを可撓性材料で形成しない場合もあるが、この場合は隆起部107aが動くことができないので、間隙105aの大きさは微細気泡の球径、気液導入孔104や気液噴出孔105の径、器体102の形状や容積、ポンプの吐出圧等に応じて適宜選択される。

以上のように構成された実施の形態11における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

図15は実施の形態11における微細気泡発生器の流体の状態を示す要部側面状態図である。

Vは微細気泡発生器101内を巡回する気液混合流体の気体に働く向心力により形成される負圧軸である。

気液導入孔104から（接線方向から）器体102内に気液混合流体を高圧で流入させると、この気液混合流体は、器体102の内壁面に沿って巡回し激しく気液混合されながら、気液噴出孔105側へ移動していく。この際、液体と気体との比重の差によって、液体には遠心力が働き、気体には向心力が働き、負圧軸Vが形成される。この負圧軸Vによりキャップ部107を器体102内に吸引しようとする力が働き、また、キャップ部107の延設部107bはゴム体等の可撓性材料で形成されているので、隆起部107aが気液噴出孔105を覆うよう



に移動し、間隙 105 a が狭まる。一方、器体 102 内の気液混合流体は、器体 102 の内壁面に沿って、巡回しながら気液噴出孔 105 に近づくにつれて、器体 102 の内壁面が絞られているので、巡回速度が速くなり、気液噴出孔 105 付近で巡回速度は最大となり、キャップ部 107 の隆起部 107 a と押し合う状態になる。よって、負圧軸 V に集まった気体は、隆起部 107 a の気液噴出孔 105 側の曲面と巡回しながら噴出する気液混合流体との間を圧縮・剪断されながら通過し、多量の数  $\mu\text{m}$  オーダーの微細気泡として気液噴出孔 105 から液相へ噴出される。気液混合流体の圧力に応じて負圧が変化するので、負圧に応じて隆起部 107 a の気液噴出孔 105 への接近度が変化し、その変化に応じて気泡の平均粒径を調整する。

尚、本実施の形態 11 においては、気液噴出孔 105 の縁部の形状は、器体 102 の内部に向かって湾曲した形状としたが、平面状でも同様に実施可能である。

以上のように構成された実施の形態 11 の微細気泡発生器によれば、以下のような作用が得られる。

(1) 固定式のキャップ部 107 は、気液混合流体の巡回方向に対して動かないので（回転しないので）、巡回流とキャップ部 107 の隆起部 107 a との間に剪断力が生じ、より微細なミクロン単位かそれ以下の気泡を発生させることができる。

(2) キャップ部 107 の延設部 107 b は可撓性材料からなるので隆起部 107 a は負圧軸 V により気液噴出孔 105 方向に吸引され、気液噴出孔 105 から噴出する気体は隆起部 107 a に沿って流れ、巡回噴出流体の動きにより圧縮・剪断されるので、より微細な気泡を発生させることができる。

(3) 気液噴出孔 105 の縁部の形状が、隆起部 107 a の外形に合わせて器体 102 の内部に向かって湾曲した形状を有しているので、隆起部 107 a が負圧軸 V に吸引された際に間隙 105 a がより狭くなり、気液噴出孔 105 から噴出される気体がより強く圧縮されるので、より微細な気泡を発生できる。

(4) 流体中に微細気泡を多量に有しているので、気体と液体の接触面積を大きくことができ、気液反応装置における反応や、曝気槽や浄化装置における浄

化、又は河川や湖沼、ダム等における浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

（５）延設部１０７ｂは可撓性材料からなるので、ポンプの吐出圧や気液導入孔１０４や気液噴出孔１０５の径、器体１０２の形状や容積に対応して（負圧軸Ｖの吸引力に対応して）間隙１０５ａの大きさも変化し、汎用性に優れる。

（６）気液混合流体の圧力を調整するだけで、気泡の平均粒径を調整できる。

（７）外部の液体をキャップ部によって分断しているため、負圧液の形成が最小限に抑えられ、器体内での噴出旋回抵抗が少なく、水流の回転が速くなり微細な気泡が得られる。

#### （実施の形態１２）

実施の形態１２における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながら説明する。

図１６（ａ）は実施の形態１２における微細気泡発生器の斜視図であり、図１６（ｂ）はその要部正面図であり、図１６（ｃ）はその要部側面図である。

図１６において、１０６はキャップ支持部、１０７は固定キャップ部、１０７ａは隆起部、１０７ｂは延設部であり、これらは実施の形態１１と同様のものであるので同一の符号を付してその説明を省略する。

１２１はブルや鮮魚運搬車の水や海水、反応槽の液等の液相内に配置される実施の形態１２における微細気泡発生器、１２２は中間部から両端部に向かって収束する卵形状の中空部を有する器体、１２３は器体１２２の中間部に接線方向に配設固定された気液導入管、１２４は器体１２２の中間部に接線方向に開口された気液導入管１２３の気液導入孔、１２５は器体１２２の両端部に穿設された気液噴出孔、１２５ａは隆起部１０７ａの曲面と気液噴出孔１２５の縁部との間隙である。

尚、本実施の形態１２の微細気泡発生器１２１が、実施の形態１の微細気泡発生器と異なる点は器体１２２の中空部が卵形状に形成され、器体１２２の両端部の気液噴出孔１２５に固定キャップ部１０７が付いている点にある。

以上のように構成された実施の形態１２における微細気泡発生器について、以

下図面を参照しながらその動作を説明する。

図 17 は実施の形態 12 における微細気泡発生器の流体の状態を示す要部断面状態図である。

W は微細気泡発生器 121 内を旋回する気液混合流体の気体に働く向心力により形成される負圧軸である。

気液導入孔 124 から（接線方向から）器体 122 内に高圧の気液混合流体を流入させると、この気液混合流体は、器体 122 の内壁面に沿って旋回し激しく気液混合されながら、器体 122 の両端部に穿設された気液噴出孔 125 側へ各々移動していく。この際、液体と気体との比重の差によって、液体には遠心力が働き、気体には向心力が働き、負圧軸 W が形成される。負圧軸 W により両端の固定キャップ部 107 の隆起部 107a を器体 122 内に吸引しようとする力が働き、また、固定キャップ部 107 の延設部 107b は可撓性材料で形成されているので、隆起部 107a が気液噴出孔 125 を覆うように移動し間隙 125a が狭まる。一方、器体 122 内の気液混合流体は、器体 122 の内壁面に沿って旋回し気液噴出孔 125 に近づくにつれて、旋回速度が速くなり、気液噴出孔 125 付近で旋回速度は最大となり、固定キャップ部 107 の隆起部 107a と押し合う状態になる。よって、負圧軸 W に集まった気体は、隆起部 107a の気液噴出孔 125 側の曲面と旋回しながら噴出する気液混合流体との間を圧縮・剪断されながら通過し、多量の微細気泡として器体 122 の両端に穿設された気液噴出孔 125 から液相中へ噴出される。

以上のように構成された実施の形態 12 の微細気泡発生器によれば、実施の形態 11 の作用に加え、以下のような作用が得られる。

（1）微細気泡発生器 121 の器体 122 には、気液導入孔 124 を中心として器体 122 の両側に気液噴出孔 125 が穿設されているので、多量の微細気泡を微細気泡発生器 121 の両側から広範囲に噴出させることができる。

（実施の形態 13）

実施の形態 13 における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながら説明する。

図 18（a）は実施の形態 13 における微細気泡発生器の斜視図であり、図 1

8 (b) はその正面図であり、図 18 (c) はその側面図である。

図 18 において、106 はキャップ支持部、122 は器体、123 は気液導入管、124 は気液導入孔、125 は気液噴出孔であり、これらは実施の形態 12 と同様のものであるので同一の符号を付してその説明を省略する。

131 はプールや鮮魚運搬車の水や海水、反応槽の液等の液相内に配置される実施の形態 13 における微細気泡発生器、132 は中央に円形状の孔部 132c を有する枠部 132a を各々の気液噴出孔 125 に対向させて枠部 132a の周部に延設された立ち上がり部 132b が各々のキャップ支持部 106 に配設された枠状フレームである。尚、キャップ支持部 106 を配設せずに立ち上がり部 132b の端部を器体 122 に直接固定して枠状フレーム 132 を配設する場合もある。133 は一端側が枠部 132a の孔部 132c に遊嵌され他端側が気液噴出孔 125 に遊嵌され枠部 132a と気液噴出孔 125 との間で移動回転自在に又は枠部 132a に固定して配設されたボール状のキャップ部である。キャップ部 133 が移動することによってキャップ部 133 と気液噴出孔 125 との間隙 125b が変化する。キャップ部 133 は、合成樹脂製や合成ゴム製、アルミニウム合金等の金属製等の軽量で噴出する流体や負圧軸の圧力に耐えられるものが用いられる。

以上のように構成された実施の形態 13 における微細気泡発生器について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

図 19 は実施の形態 13 における微細気泡発生器の流体の状態を示す要部正面状態図である。

X は微細気泡発生器 131 内を旋回する気液混合流体の気体に働く向心力により形成される負圧軸である。

尚、気液混合流体が気液導入孔 124 から器体 122 内に流入し旋回しながら気液噴出孔 125 に達するまでの動作は実施の形態 12 と同様なので、その説明を省略する。

器体 122 内を旋回する気液混合流体により負圧軸 X が形成されると、負圧軸 X によりボール状のキャップ部 133 を器体 122 内に吸引しようとする力が働き、また、キャップ部 133 は枠部 132a と気液噴出孔 125 との間を移動自

在に配設されているので、キャップ部 1 3 3 は気液噴出孔 1 2 5 側へ移動し、間隙 1 2 5 b が狭まる。

なお、ボール状のキャップ部 1 3 3 を枠部 1 3 2 a に固定して配設した場合には、キャップ部 1 3 3 と気液噴出孔 1 2 5 との間の間隔が変化しないので安定水流を吐出させることができる。

また、旋回しながら気液噴出孔 1 2 5 から噴出される気液混合流体によりキャップ部 1 3 3 は回転させられる。一方、器体 1 2 2 内の気液混合流体は、器体 1 2 2 の内壁に沿って旋回しながら気液噴出孔 1 2 5 に近づくにつれて、旋回速度が速くなり、気液噴出孔 1 2 5 付近で旋回速度は最大となり、キャップ部 1 3 3 と押し合う状態になる。よって、負圧軸 X に集まった気体は、旋回している気液混合流体と回転しているキャップ部 1 3 3 の曲面との間を圧縮・剪断されながら通過し、多量の微細気泡として器体 1 2 2 の両端に穿設された気液噴出孔 1 2 5 から液相中へ噴出される。気液混合流体の圧力に応じて負圧軸 X の負圧が変動し、その変動に応じてキャップ部 1 3 3 が気液噴出孔 1 2 5 側に近づいたり離れたりして、それにより気泡の粒径を調整する。

なお、キャップ部 1 3 3 と気液噴出孔 1 2 5 との間隔を適正值に固定しておくことにより、所定粒径の気泡が噴出できるようにして適正状態を維持させ、安定に微細気泡発生器 1 3 1 を作動させることもできる。

以上のように構成された実施の形態 1 3 の微細気泡発生器によれば、以下ののような作用が得られる。

(1) キャップ部 1 3 3 は気液噴出孔 1 2 5 と枠部 1 3 2 a との間で移動、回転自在に配設されているので、負圧軸 X によりキャップ部 1 3 3 は気液噴出孔 1 2 5 方向に移動し間隙 1 2 5 b が狭まり、気液噴出孔 1 2 5 から噴出する気体はキャップ部 1 3 3 で圧縮・剪断され、より微細な気泡を発生させることができる。

(2) 器体 1 2 2 内に気液混合流体が流入している時は、キャップ部 1 3 3 は負圧軸 X の吸引力と噴出する気液混合流体の噴出方向の力とにより所定の位置で保持されるので、枠部 1 3 2 a や気液噴出孔 1 2 5 に接触することがほとんどなく、磨耗しにくく、耐久性に優れる。

(3) 微細気泡発生器 1 3 1 の器体 1 2 2 には、気液導入孔 1 2 4 を中心として

器体 1 2 2 の両側に気液噴出孔 1 2 5 が穿設されているので、多量の微細気泡を含んだ流体を微細気泡発生器 1 3 1 の両側から広範囲に噴出させることができる。

(4) 微細気泡を多量に発生させるので、気体と液体の接触面積を大きくすることができ、気液反応装置における反応や、曝気槽や浄化装置における浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

(5) 気液混合流体の圧力を調整するだけで、気泡の平均粒径を調整できる。

(実施の形態 1 4、実施の形態 1 5)

実施の形態 1 4 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 1 5 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 2 0 (a) は実施の形態 1 4 における多段式微細気泡発生器の斜視図であり、図 2 0 (b) はその背面図であり、図 2 1 は実施の形態 1 5 の多段式の微細気泡発生装置の構成図である。

図 2 0 において、2 0 1 は実施の形態 1 4 における多段式に形成された微細気泡発生器、2 0 2 は後部側から前端部に向かって収束する略円錐台形状の中空部を有する器体（先端ノズル）、2 0 3 は器体 2 0 2 の前端部（頂部）に穿設された気液噴出孔（先端噴出孔）、2 0 4 a は器体 2 0 2 の後部側に接線方向に開口された気液導入孔（先端液体導入孔）、2 0 4 b は気液導入孔 2 0 4 a に連通して配設された液体又は気液混合流体が導入される気液導入管（先端液体導入管）、2 0 5 は前部側が器体 2 0 2 の後部側の内部に配設され後部側から前端部に向かって収束する形状で開口された内部ノズル部、2 0 6 は内部ノズル部 2 0 5 の前端部に開口された二次噴出孔、2 0 6 a は内部ノズル部 2 0 5 の背後に円筒状に形成された内部中空部、2 0 7 a は内部中空部 2 0 6 a に気液導入孔 2 0 4 a と同一方向の接線方向に開口された二次液体導入孔、2 0 7 b は二次液体導入孔 2 0 7 a に連通して配設された二次液体導入管、2 0 8 は内部中空部 2 0 6 a の後端部に穿設された内部ノズル部気体自吸孔（気体自吸孔）である。

図示するように器体 2 0 2 にはその内部に、内部ノズル部 2 0 5 及び、内部中空部 2 0 6 a、二次液体導入管 2 0 7 b とを備えた旋回流発生部、内部ノズル部

、気体自吸孔 208 が配置されていて、これによって、器体 202 の中空部における旋回水流を加速、攪拌してより微細な気泡が発生し易いようにしている。

209 は実施の形態 15 における微細気泡発生装置、210 は吸込口 210a と吐出口 210b とを有し先端側液体を器体 202 内に送り込む先端ポンプ、211 は上流側が先端ポンプ 210 の吐出口 210b に接続され下流側が気液導入管 204b に接続された先端側吐出管、212 は下流側が先端ポンプ 210 の吸込口 210a に接続された先端側吸込管、213 は一端が内部ノズル部気体自吸孔 208 に接続され他端が空気中等で開口された気体自吸管、214 は吸込口 214a と吐出口 214b とを有し二次側液体を内部ノズル部 205 内に送り込む二次ポンプ、215 は上流側が二次ポンプ 214 の吐出口 214b に接続され下流側が二次液体導入管 207b に接続された二次側吐出管、216 は下流側が二次ポンプ 214 の吸込口 214a に接続された二次側吸込管、217 は気体自吸管 213 の所定部に配設された気体流量調節バルブである。

以上のように構成された実施の形態 14 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 15 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

図 22 は微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部側面断面図である。

図 22 において、201 は微細気泡発生器、202 は器体、203 は気液噴出孔、204a は先端流体導入孔、204b は先端流体導入管、205 は内部ノズル部、206 は二次噴出孔、207a は二次液体導入孔、207b は二次液体導入管、208 は内部ノズル部気体自吸孔であり、これらは図 20 と同様のものであるので、同一の符号を付してその説明を省略する。

尚、説明の便宜上、先端ポンプにより吸い込まれる液体を先端側液体、二次ポンプにより吸い込まれる液体を二次側液体とする。先端側液体や二次側液体としては、同種のものでも異種のものでもよく、水や薬液、反応液、燃料等が用いられる。また、気体としては、污水处理槽等の場合には空気、プール等の水の殺菌の場合にはオゾン、化学反応の場合は反応ガス（HCN、HCl、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 等）等が用いられる。

218 は器体 202 内へ侵入しようとする負圧液と器体 202 外へ噴出される

先端側液体及び二次側液体とによって形成された気液噴出孔 203 における境界部分、X は器体 202 及び内部ノズル部 205 内を旋回する気液混合流体により形成される負圧軸である。

二次ポンプ 214 を駆動させると、二次側液体は、二次側吸込管 216、二次ポンプ 214、二次側吐出管 215 を経て、二次液体導入管 207b から内部ノズル部 205 内へ連続的に流入し、旋回し収束されながら二次噴出孔 206 側へ移動していく。この際、二次側液体には遠心力が働き、旋回流の中心は負圧になるので、内部ノズル部気体自吸孔 208 から気体が吸い込まれ、内部ノズル部気体導入孔 208 から二次噴出孔 206 にかけて負圧軸が形成される。

一方、先端ポンプ 210 を駆動させると、先端側液体は、先端側吸込管 212、先端ポンプ 210、先端側吐出管 211 を経て、先端流体導入管 204b から器体 202 内へ連続的に流入し、旋回し収束されながら気液噴出孔 203 側へ移動していく。また、器体 202 内に二次噴出孔 206 から先端側液体と旋回方向が同一の二次側液体が進入する。この際、器体 202 内の二次側液体及び先端側液体には遠心力が働き、旋回流の中心には負圧が働くので、内部ノズル部 205 内に形成された負圧軸が気液噴出孔 203 まで延び、負圧軸 X が形成される。

器体 202 の外側の気液噴出孔 203 付近の流体には、負圧軸 X により、気液噴出孔 203 から器体 202 内へ進入しようとする力が働く。一方、器体 202 内において、先端側液体及び二次側液体は混合・旋回しながら気液噴出孔 203 に近づくにつれて、旋回速度が速くなるとともに圧力が高くなり、気液噴出孔 203 付近で旋回速度及び圧力は最大となり、負圧液と押し合う状態となる。先端側液体及び二次側液体は負圧液を避けるようにして、気液噴出孔 203 の縁部付近から流出する。また、負圧軸 X に集まった気体は、負圧液と先端側液体及び二次側液体との境界部分 218 で剪断され多量の微細気泡となって気液噴出孔 203 から噴出する。

以上のように構成された実施の形態 14 の微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 15 における微細気泡発生装置によれば、以下のような作用が得られる。

(1) 二次噴出孔 206 から器体 202 内へ、二次側液体が旋回しながら進入す



るので、先端側液体と二次側液体とを効率よく混合させることができる。

(2) 二次噴出孔 206 から器体 202 内へ、二次側液体が旋回しながら進入するので、二次側液体の旋回力に先端側液体の旋回力が加わり、より強い旋回流が生じるので、勢い良く、より広範囲へ微細気泡を噴出させることができる。

(3) 気体流量調節バルブ 217 を調節することにより、液体に混入する気体量を調節することができるので、発生する微細気泡の大きさや量を調節することができる。

(4) 微細気泡の粒径を  $100\mu\text{m}$  以下に、液体や気体の流入量や旋回速度を調整するだけで自由にコントロールできる。

(5) 微細気泡なので、気泡の表面積が極めて大きく、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

(6) 内部ノズル部気体自吸孔 208 から気体が吸い込まれるので、汚水に高い吸収率で大気中の空気を自動的に供給でき、メンテナンスフリーで汚水処理の省力化を図ることができる。

(7) 気体自吸管 213 を大気に開放したり、目的とする吸収もしくは反応ガス（例えば、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HCN}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{COCl}_2$ 、フッ素化合物ガス等他の反応ガス）に接続するだけで液体に気体を吸収もしくは反応させることができる。

(8) 多段式なので、各段に同一又は多種の液体と気体を供給することにより、高い効率で液体に気体を吸収又は反応させることができる。

(9) 液体の供給量を調整するだけで気体の吸込量を調整でき、作業性、省力性に優れる。

(10) 混合される原液体の粘度や旋回量、流量に応じて、最適の液体導入管に気体を導入でき、処理や反応の自在性に優れる。

(11) ポンプ 210、214 を介して多くの種類の液体や気体を一度に混合することもできる。

(実施の形態 16、実施の形態 17)

次に、実施の形態 16 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 17 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 2 3 ( a ) は実施の形態 1 6 における微細気泡発生器の斜視図であり、図 2 3 ( b ) はその背面図である。

図 2 3 において、2 0 2 は器体、2 0 3 は気液噴出孔、2 0 4 a は先端液体導入孔、2 0 4 b は先端液体導入管、2 0 5 は内部ノズル部、2 0 6 は二次噴出孔、2 0 7 a は二次液体導入孔、2 0 7 b は二次液体導入管であり、これらは実施の形態 1 4 と同様のものなので同一の符号を付してその説明を省略する。

2 2 1 は実施の形態 1 6 における微細気泡発生器である。

本実施の形態 1 6 における微細気泡発生器 2 2 1 が実施の形態 1 4 における微細気泡発生器 2 0 1 と異なる点は、内部ノズル部 2 0 5 の後部に内部ノズル部気体自吸孔 2 0 8 がない点である。

図 2 4 は実施の形態 1 7 における微細気泡発生装置の構成図である。

図 2 4 において、2 1 0 は先端ポンプ、2 1 0 a は吸込口、2 1 0 b は吐出口、2 1 1 は先端側吐出管、2 1 2 は先端側吸込管、2 1 4 は二次ポンプ、2 1 4 a は吸込口、2 1 4 b は吐出口、2 1 5 は二次側吐出管、2 1 6 は二次側吸込管、2 1 7 は気体流量調節バルブ、2 2 1 は実施の形態 1 6 における微細気泡発生器である。

2 2 2 は実施の形態 1 7 における微細気泡発生装置、2 2 3 は一端側が二次側吸込管 2 1 6 に接続され他端側が空気中で開口された気体自吸管である。

実施の形態 1 7 における微細気泡発生装置が、実施の形態 1 5 における微細気泡発生装置と異なる点は、気体自吸管 2 2 3 が二次側吸込管 2 1 6 に接続されている点である。

以上のように構成された実施の形態 1 6 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 1 6 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

尚、説明の便宜上、先端ポンプにより吸い込まれる液体を先端側液体、二次ポンプにより吸い込まれる液体を二次側液体とする。

二次ポンプ 2 1 4 を駆動させると、二次側吸込管 2 1 6 から二次側液体が吸込口 2 1 4 a から二次ポンプ 2 1 4 内に吸い込まれる。この際、二次側吸込管 2 1 6 の気体自吸管 2 2 3 との接続部において、気体自吸管 2 2 3 から二次側吸込管

216へ、気体が二次側液体の随伴流として吸引され、二次側液体は気液混合流体となる。気泡が混合した二次側液体は、二次ポンプ214内でインペラ（図示せず）により、気泡が拡散されながら吐出口214bから吐出され内部ノズル部205内に流入する。

尚、器体202及び内部ノズル部205内の動作は実施の形態14と同様のものなので、その説明を省略する。

以上のように構成された実施の形態16の微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態17における微細気泡発生装置によれば、実施の形態14、15の（1）乃至（10）の作用に加え、以下のような作用が得られる。

（1）気体自吸管223は二次側吸込管216に接続されており、内部ノズル部205には、気体を取り込むための孔等がないので、微細気泡発生器201を化学反応槽や汚水処理槽等に用いる場合、先端ポンプ210や二次ポンプ214のON/OFF時等に装置内に残圧が残っていて、流体が逆流しても反応物や汚物により目詰まりを起こすことがない。

（2）二次側液体内に混入した気体は、二次ポンプ214内でインペラにより、拡散されるので、さらに微細な気泡を発生することができる。

（実施の形態18、実施の形態19）

次に、実施の形態18における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態19における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図25（a）は実施の形態18における微細気泡発生器の斜視図であり、図25（b）はその背面図である。

図25において、202は器体、203は気液噴出孔、204aは先端流体導入孔、204bは先端流体導入管、205は内部ノズル部、206は二次噴出孔、208は内部ノズル部気体自吸孔であり、これらは実施の形態14と同様のものなので同一の符号を付してその説明を省略する。

231は実施の形態18における多段式の微細気泡発生器、232bは内部ノズル部205の後部側に気液導入管204bと逆方向の接線方向に開口された二次液体導入孔232a（図27参照）に連通して配設された二次液体導入管である。

実施の形態 18 における微細気泡発生器 231 が実施の形態 14 における微細気泡発生器 201 と異なる点は、二次液体導入管 232b の二次液体導入孔 232a が先端流体導入管 204b の先端流体導入孔 204a と同一方向でなく逆方向に開口された点である。

図 26 は実施の形態 19 における微細気泡発生装置の構成図である。

図 26 において、202 は器体、203 は気液噴出孔、204b は先端流体導入管、205 は内部ノズル部、208 は内部ノズル部気体自吸孔、210 は先端ポンプ、210a は吸込口、210b は吐出口、211 は先端側吐出管、212 は先端側吸込管、213 は気体自吸管、214 は二次ポンプ、214a は吸込口、214b は吐出口、215 は二次側吐出管、216 は二次側吸込管、217 は気体流量調節バルブ、231 は実施の形態 18 における多段式の微細気泡発生器、232b は二次液体導入管であり、これらは図 21 又は図 25 と同様のものなので、同一の符号を付してその説明を省略する。

233 は実施の形態 19 における微細気泡発生装置である。

以上のように構成された実施の形態 18 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 19 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

尚、説明の便宜上、先端ポンプにより吸い込まれる液体を先端側液体、二次ポンプにより吸い込まれる液体を二次側液体とする。

図 27 は微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部側面断面図である。

図 27 において、202 は器体、203 は気液噴出孔、204a は先端流体導入孔、204b は先端流体導入管、205 は内部ノズル部、206 は二次噴出孔、208 は内部ノズル部気体自吸孔、231 は多段式の微細気泡発生器、232a は二次液体導入孔、232b は二次液体導入管であり、これらは図 25 と同様のものである所以、同一の符号を付してその説明を省略する。

Y は内部ノズル部 205 内を旋回する気液混合流体により形成される負圧軸である。

二次ポンプ 214 を駆動させると、二次側液体は、二次側吸込管 216、二次ポンプ 214、二次側吐出管 215 を経て、二次液体導入管 232b から内部ノ

ズル部 205 内へ連続的に流入し、旋回しながら二次噴出孔 206 側へ移動していく。この際、二次側液体には遠心力が働き、旋回流の中心には負圧が働いて内部ノズル部気体自吸孔 208 から気体が吸い込まれ、負圧軸 Y が形成される。

一方、先端ポンプ 210 を駆動させると、先端側液体は、先端側吸込管 212、先端ポンプ 210、先端側吐出管 211 を経て、先端流体導入管 204 b から器体 202 内へ連続的に流入し、二次側液体の逆方向に旋回しながら気液噴出孔 203 側へ移動していく。また、器体 202 内に二次噴出孔 206 から旋回方向が先端側液体の逆の二次側液体が進入する。

二次噴出孔 206 付近の先端側液体には、内部ノズル部 205 内の負圧軸 Y により、二次噴出孔 206 から内部ノズル部 205 内へ進入しようとする力が働く。一方、内部ノズル部 205 内において、二次側液体は旋回しながら二次噴出孔 206 に近づくにつれて、旋回速度が速くなるとともに圧力が高くなり、二次噴出孔 206 付近で旋回速度及び圧力は最大となり、負圧液と押し合う状態となる。二次側液体は負圧液を避けるようにして、二次噴出孔 206 の縁部付近から流出する。また、負圧軸 Y に集まった気体は、負圧液と二次側液体との間隙を圧縮気体となって通過し、器体 202 内へ二次側液体とともに多量の微細気泡となって内部ノズル部 205 の二次噴出孔 206 から噴出し先端側液体と混合された後、器体 202 の気液噴出孔 203 から噴出する。

以上のように構成された実施の形態 18 の微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 19 の微細気泡発生装置によれば、以下のような作用が得られる。

(1) 二次側液体の旋回方向は先端側液体の旋回方向と逆なので、負圧軸 Y に収束された気体は二次噴出孔 206 から器体 202 内へ進入した瞬間に微細気泡となり、二次側液体及び微細気泡は旋回する先端側液体と効率よく混合され、気液噴出孔 203 から噴出する。よって、器体 202 及び内部ノズル部 205 が空气中に配置されていても微細気泡を多量に含有した液体を噴出できる。

(2) 気体流量調節バルブ 217 を調節することにより、二次側液体に混入する気体量を調節することができるので、発生する微細気泡の大きさや量を調節することができる。

(3) 微細気泡の粒径が数  $\mu\text{m}$  ~ 100  $\mu\text{m}$  に、液体や気体の流入量や旋回速度

を調整するだけで自由にコントロールできる。

(4) 微細気泡なので、気泡の表面積が極めて大きく、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

(5) 気体自吸管 213 を大気に開放したり、目的とする吸収もしくは反応ガス（例えば、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HCN}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{COCl}_2$ 、フッ素化合物ガス等他の反応ガス）に接続するだけで液体に気体を吸収もしくは反応させることができる。

(6) 多段式なので、各段に同一又は異種の液体と気体を供給することにより、高い効率で液体に気体を吸収又は反応させることができる。

(7) 液体の供給量を調整するだけで気体の吸込量を調整でき、作業性、省力性に優れる。

(8) 混合される原液体の粘度や旋回量、流量に応じて、最適の液体導入管に気体を導入でき、処理や反応の自在性に優れる。

(実施の形態 20、実施の形態 21)

次に、実施の形態 20 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 21 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図 28 (a) は実施の形態 20 における微細気泡発生器の斜視図であり、図 28 (b) はその背面図である。

図 28 において、202 は器体、203 は気液噴出孔、204 a は先端流体導入孔、204 b は先端流体導入管、205 は内部ノズル部、206 は二次噴出孔、232 a は二次液体導入孔、232 b は二次液体導入管であり、これらは実施の形態 18 と同様のものなので同一の符号を付してその説明を省略する。

241 は実施の形態 20 における微細気泡発生器である。

実施の形態 20 における微細気泡発生器 241 が実施の形態 18 における微細気泡発生器 231 と異なる点は、内部ノズル部 205 の後部に内部ノズル部気体自吸孔 208 がない点である。

図 29 は実施の形態 21 における微細気泡発生装置の構成図である。

図 29 において、202 は器体、203 は気液噴出孔、204 b は先端流体導入管、205 は内部ノズル部、232 b は二次液体導入管、210 は先端ポンプ

、210aは吸込口、210bは吐出口、211は先端側吐出管、212は先端側吸込管、214は二次ポンプ、214aは吸込口、214bは吐出口、215は二次側吐出管、216は二次側吸込管、217は気体流量調節バルブであり、これらは実施の形態19と同様のものなので同一の符号を付して説明を省略する。

242は実施の形態21における微細気泡発生装置、243は一端側が二次側吸込管216に接続され他端側が空気中で開口された気体自吸管である。

実施の形態21における微細気泡発生装置242が実施の形態19における微細気泡発生装置233と異なる点は、内部ノズル部205の後部に内部ノズル部気体自吸孔208がなく、気体自吸管243が二次側吸込管216に接続されている点である。

以上のように構成された実施の形態20における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態21における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

尚、説明の便宜上、先端ポンプにより吸い込まれる液体を先端側液体、二次ポンプにより吸い込まれる液体を二次側液体とする。

二次ポンプ214を駆動させると、二次側吸込管216から二次側液体が吸込口214aを経て二次ポンプ214内に吸い込まれる。この際、二次側吸込管216の気体自吸管243との接続部において、気体自吸管243から二次側吸込管216へ、気体が二次側液体の随伴流として吸引され、二次側液体は気液混合流体となる。気泡が混合した二次側液体は、二次ポンプ214内でインペラ（図示せず）により、気泡が拡散されながら吐出口214bから吐出され内部ノズル部内に流入する。

尚、器体202及び内部ノズル部205内の流体の動作は、実施の形態18、19と同様のものなので、その説明を省略する。

以上のように構成された実施の形態20の微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態21の微細気泡発生装置によれば、実施の形態18、実施の形態19で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 気体自吸管243は二次側吸込管216に接続されており、内部ノズル部

205には、気体を取り込むための孔等がないので、微細気泡発生器241を化学反応槽や汚水処理槽等に用いる場合、二次ポンプ214のON/OFF時等に装置内に残圧が残っていて、流体が逆流しても反応物や汚物により目詰まりを起こすことがない。

(2) 二次側液体内に混入した気体は、二次ポンプ214内でインペラにより、拡散されるので、さらに微細な気泡を多量に発生することができる。

(実施の形態22、実施の形態23)

実施の形態22における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態23における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながら説明する。

図30(a)は実施の形態22における多段式の微細気泡発生器の斜視図であり、図30(b)はその背面図である。

尚、説明の便宜上、先端ポンプにより吸い込まれる液体を先端側液体、二次ポンプに吸い込まれる液体を二次側液体、三次ポンプに吸い込まれる液体を三次側液体とする。

図30において、251は実施の形態22における微細気泡発生器、252は後部側から前端部に向かって収束する略円錐台形状を有する器体、253は器体252の前端部(頂部)に穿設された気液噴出孔、254bは器体252の後部側に接線方向に開口された気液導入孔254aに連通して配設された気液導入管、255は前部側が器体252の後部側の内部に配設され後部側から前端部に向かって収束する略円錐台形状を有する内部ノズル部、256は内部ノズル部255の前端部に開口された二次噴出孔、257bは内部ノズル部255の後部側に気液導入孔254aと逆方向の接線方向に開口された二次液体導入孔257a(図示せず)に連通して配設された二次液体導入管、258は前部側が内部ノズル部255の後部側の内部に配設され後部側から前端部に向かって収束する略円錐台形状を有する三次ノズル、259は三次ノズル258の前端部に穿設された三次噴出孔、260bは三次ノズル258の後部側に二次液体導入孔257aと同一方向の接線方向に開口された三次液体導入孔260aに連通して配設された三次液体導入管、261は三次ノズル258の後端部に穿設された気体自吸孔(内部ノズル部気体自吸孔)である。



図 3 1 は実施の形態 2 3 における微細気泡発生装置の構成図である。

図 3 1 において、2 6 2 は吸込口 2 6 2 a と吐出口 2 6 2 b とを有し先端側液体を器体 2 5 2 内に送り込む先端ポンプ、2 6 3 は上流側が先端ポンプ 2 6 2 の吐出口 2 6 2 b に接続され下流側が気液導入孔 2 5 4 a に接続された先端側吐出管、2 6 4 は下流側が先端ポンプ 2 6 2 の吸込口 2 6 2 a に接続された先端側吸込管、2 6 5 は吸込口 2 6 5 a と吐出口 2 6 5 b とを有し、二次側液体を内部ノズル部 2 5 5 に送り込む二次ポンプ、2 6 6 は上流側が二次ポンプ 2 6 5 の吐出口 2 6 5 b に接続され下流側が二次液体導入孔 2 5 7 a に接続された二次側吐出管、2 6 7 は下流側が二次ポンプ 2 6 5 の吸込口 2 6 5 a に接続された二次側吸込管、2 6 8 は吸込口 2 6 8 a と吐出口 2 6 8 b とを有し三次側液体を三次ノズル 2 5 8 に送り込む三次ポンプ、2 6 9 は上流側が三次ポンプ 2 6 8 の吐出口 2 6 8 b に接続され下流側が二次液体導入孔 2 6 0 a に接続された三次側吐出管、2 7 0 は下流側が三次ポンプ 2 6 8 の吸込口 2 6 8 a に接続された三次側吸込管、2 7 1 は一端が気体自吸孔 2 6 1 に接続され他端が空気中で開口され所定部に気体流量調節バルブ 2 1 7 が配設された気体自吸管である。

以上のように構成された実施の形態 2 2 における微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 2 3 における微細気泡発生装置について、以下図面を参照しながらその動作を説明する。

図 3 2 は微細気泡発生器内部の流体の状態を示す要部側面状態図である。

図 3 2 において、Z は内部ノズル部 2 5 5 及び三次ノズル 2 5 8 内の旋回流により形成される負圧軸である。

三次ポンプ 2 6 8 を駆動させると、三次側液体は、三次側吸込管 2 7 0、三次ポンプ 2 6 8、三次側吐出管 2 6 9 を経て、三次液体導入管 2 6 0 b から三次ノズル 2 5 8 内へ連続的に流入し、旋回しながら三次噴出孔 2 5 9 側へ移動していく。この際、三次側液体には遠心力が働き、旋回流の中心には負圧が働くので、気体自吸孔 2 6 1 から気体が吸い込まれ、負圧軸が形成される。

また、二次ポンプ 2 6 5 を駆動させると、二次側液体は、二次側吸込管 2 6 7、二次ポンプ 2 6 5、二次側吐出管 2 6 6 を経て、二次液体導入管 2 5 7 b から内部ノズル部 2 5 5 内へ連続的に流入し、旋回しながら二次噴出孔 2 5 6 に近づ

いていく。

内部ノズル部 2 5 5 内において、三次側液体は旋回しながら二次側液体に混入する。この際、二次側液体は三次側液体と同一方向に旋回しているので、負圧軸が二次噴出孔 2 5 6 まで延び負圧軸 Z が形成される。

一方、先端ポンプ 2 6 2 を駆動させると、先端側液体は、先端側吸込管 2 6 4、先端ポンプ 2 6 2、先端側吐出管 2 6 3 を経て、気液導入管 2 5 4 b から器体 2 5 2 内へ連続的に流入し、先端側液体は、二次側液体及び三次側液体と逆方向に旋回しながら気液噴出孔 2 5 3 側へ移動していく。

また、器体 2 5 2 内に二次噴出孔 2 5 6 から二次側液体及び三次側液体並びに微細気泡を含む流体が進入する。

二次噴出孔 2 5 6 付近の先端側液体には、内部ノズル部 2 5 5 及び三次ノズル 2 5 8 内の負圧軸 Z により、二次噴出孔 2 5 6 から内部ノズル部 2 5 5 内へ進入しようとする力が働く。一方、内部ノズル部 2 5 5 内において、二次側液体及び三次側液体は旋回しながら二次噴出孔 2 5 6 に近づくにつれて、旋回速度が速くなるとともに圧力が高くなり、二次噴出孔 2 5 6 付近で旋回速度及び圧力は最大となり、負圧液と押し合う状態となる。二次側液体及び三次側液体は負圧液を避けるようにして、二次噴出孔 2 5 6 の縁部付近から流出する。また、負圧軸 Z に集まった圧縮気体は、負圧液と二次側液体と三次側液体の混合液体の間隙を剪断を受けながら通過し、器体 2 5 2 内へ二次側液体と三次側液体の混合液体とともに多量の微細気泡を伴って内部ノズル部 2 5 5 の二次噴出孔 2 5 6 から噴出し先端側液体と混合された後、器体 2 5 2 の気液噴出孔 2 5 3 から噴出する。

以上のように構成された実施の形態 2 2 の微細気泡発生器及びそれを備えた実施の形態 2 3 の微細気泡発生装置によれば、以下のような作用が得られる。

(1) 二次側及び三次側液体の旋回方向は先端側液体の旋回方向と逆なので、負圧軸 Z に収束された気体は二次噴出孔 2 5 6 から器体 2 5 2 内へ進入した際に剪断され微細気泡となり、二次側液体及び三次側液体並びに微細気泡は旋回する先端側液体と効率よく混合され、気液噴出孔 2 5 3 から噴出する。よって、器体 2 5 2 及び内部ノズル部 2 5 5 並びに三次ノズル 2 5 8 が空気中に配置されていても、微細気泡を多量に含有した液体を噴出することができる。

(2) 気体流量調節バルブ 217 を調節することにより、三次側液体に混入する気体量を調節することができるので、発生する微細気泡の大きさや量を調節することができる。

(3) 微細気泡の粒径が数  $\mu\text{m}$  ~ 100  $\mu\text{m}$  に、液体や気体の流入量や旋回速度を調整するだけで自由にコントロールできる。

(4) 微細気泡なので、気泡の表面積が極めて大きく、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

(5) 気体自吸管 271 を大気に開放し、目的とする吸収もしくは反応ガス（例えば、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HCN}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{COCl}_2$ 、フッ素化合物ガス等他の反応ガス）に接続するだけで液体に気体を吸収もしくは反応させることができる。

(6) 多段式なので、各段に同一又は異種の液体と気体を供給することにより、高い効率で液体に気体を吸収又は反応させることができる。

(7) 液体の供給量を調整するだけで気体の吸込量を調整でき、作業性、省力性に優れる。

(8) 混合される原液体の粘度や旋回量、流量に応じて、最適の液体導入管に気体を導入でき、処理や反応の自在性に優れる。

(9) 器体 252 及び内部ノズル部 255 や三次ノズル 258 に別々の液体もしくは気体を流入させることによって、より多くの種類の液体や気体を混合することができる。

(10) 混合燃料を一回の処理で高酸素率に製造でき、ボイラーの燃焼効率を高めることができる。

(11) 化学工場等の工場の種類の異なる排ガスや反応ガスを同時に中和液や洗浄液、反応液に供給することができる。

(12) 養殖場等でオゾンガスを供給し、次いで空気を供給して高殺菌と高酸素含有化を同時に達成させることができる。

(13) ポンプ 262、265、268 の選択が液体の種別だけで選択でき、汎用性に優れる。

尚、実施の形態 23 においては、三次ノズル 258 の後部に気体自吸孔 261

を配設し気体自吸管 271 を接続したが、気体自吸管 271 を二次側吸込管 267 及び／又は三次側吸込管 270 に接続することによって、上記 (1) 乃至 (13) の作用に代えて、以下のような作用が得られる。

(14) 三次ノズル 258 には、気体を取り込むための孔等がないので、先端ポンプ 262 や二次ポンプ 265、三次ポンプ 268 の ON/OFF 時等に装置内に残圧が残っていて、流体が逆流しても目詰まりを起こすことがない。

(15) 二次側及び／又は三次側液体内に混入した気体は、二次ポンプ 265 及び／又は三次ポンプ 268 内でインペラにより、拡散されるので、さらに微細な気泡を多量に発生させることができる。

#### (実施の形態 24)

実施の形態 24 における微細気泡発生器について、図面を参照しながら説明する。

図 33 (a) は実施の形態 24 における微細気泡発生器の要部斜視図であり、図 33 (b) はその要部側面断面図である。

図 33 において、300 は実施の形態 24 の微細気泡発生器、301 は略回転対称に形成された中空部を有する器体、302 は器体 301 の周壁部に接線方向に開口された気液導入孔 302a に接続される気液導入管、303 は中空部の回転対称軸の方向に開口して設けられた気液噴出孔、304 は器体 301 の後壁に配設されたタンク部、305 はタンク部 304 と器体 301 間の壁部に負圧軸が若干重なるように貫通して形成されたタンク部気体自吸孔、306 はタンク部 304 に設けられたタンク部気体導入管、307 は気液噴出孔 303 に接続された気液噴出ガイド部、308 は気液噴出ガイド部 307 の周縁部に開口して形成された水流の流出部、309 は流出部 308 から流出する液体の飛散を防止するための飛散防止部である。

実施の形態 24 の微細気泡発生器 300 が実施の形態 1 の微細気泡発生器 1 と大きく異なる点は器体 301 がタンク部 304 及びタンク部気体導入孔 306 を有する点である。なお、微細気泡発生器 300 を肌面に水流を噴出させてマッサージを行うマッサージ器として用いない場合は、気液噴出ガイド部 307 の構成を省略できる。

タンク部 304 は、器体 301 の後壁に覆設され円筒状等に形成された液体の貯留部であり、後壁に形成されたタンク部気体自吸孔 305 を介して中空部 301 a に連通されている。タンク部 304 は、器体 301 とほぼ同径に形成され、器体 301 の容積に対して約  $1/20 \sim 1/4$  の容積を有している。タンク部 304 は接着剤等を介して器体 301 の後壁に接着しているが、器体に一体に成形したり、螺子部等を介して螺着することも可能である。

タンク部気体導入管 306 はタンク部 304 の上部に形成され、その孔径が約 2 mm ~ 5 mm であり、外部の空気等をタンク部 304 内に貯留された水を介して吸引することができる。

以上のように構成された実施の形態 24 における微細気泡発生器 300 について、その動作を以下図面を参照しながら説明する。

図 34 は実施の形態 24 の微細気泡発生器の使用状態を示す説明図である。

図 34 において、X は器体 301 の中空部 301 a 内にタンク部気体自吸孔 305 から気液噴出孔 303、肌面 H にかけて形成された気体軸である。

まず、水道の蛇口やポンプの吐出口側に微細気泡発生器 300 の気液導入管 302 を接続させ、気液導入管 302 から器体 301 の中空部 301 a に接線方向から液体を流入させる。

中空部 301 a 内に流入した液体は、中空部 301 a の壁面に沿って旋回しながら気液噴出孔 303 から気液噴出ガイド部 307 に移動し、気液噴出ガイド部 307 の内壁面に沿って旋回しながら肌面 H に衝突し、流出部 308 から飛散防止部 309 の内壁面を通して微細気泡発生器 300 外へ流出する。

この際、液体には器体 301 の周壁に沿って旋回して遠心力が働き、この旋回流の中心付近は低圧になるので、後壁の略中央位置に配置されたタンク部気体自吸孔 305 から気体が連続して吸引されて中空部 301 a 内に気体軸 X が形成されると共に、気液噴出ガイド部 307 の前方側の肌面 H が吸引される。

気体軸 X に集まった気体は、その先端部分と肌面 H との間で引きちぎられ微細な気泡となって拡散し、肌面 H をつたって旋回流と共に流出部 308 から流出する。ここで、微細気泡発生器 300 の中空部 301 a は外気と直接連通しておらず、タンク部 304 のタンク側中空部 304 a と連通しており、タンク側中空部

304aがタンク部気体導入管306を介して外気と連通しているため吸引抵抗が大きくして流量の調整を行うことができる。

また、タンク側中空部304aに液体を貯留させることにより、タンク部気体自吸孔305の吸引抵抗をさらに大きくして、中空部301a内に吸い込まれる気体の流量を減らすこともできる。

微細気泡発生器300について、その気液噴出孔303から噴出する水流に生じる吸引力を測定して得られた以下の結果①～⑧について説明する。なお、水流の中心部だけでは吸引力が弱い、噴出孔の周囲にガイド部を設けることによって吸引される部分が広がり、吸引力を強くできる。

なお、ポンプとしては100V-80Wのものを使用した。

- ①d= 7.0mm、Q=10.0リットル毎分：30g球◎：60g球◎
- ②d= 7.5mm、Q=10.5リットル毎分：30g球○：60g球△
- ③d= 8.2mm、Q=11.5リットル毎分：30g球○：60g球×
- ④d= 9.3mm、Q=12.5リットル毎分：30g球◎：60g球○
- ⑤d=10.4mm、Q=13.5リットル毎分：30g球◎：60g球◎
- ⑥d=11.5mm、Q=14.5リットル毎分：30g球◎：60g球◎
- ⑦d=12.5mm、Q=15.0リットル毎分：30g球◎：60g球○
- ⑧d=13.5mm、Q=15.0リットル毎分：30g球○：60g球×

ここでdは気液噴出孔303の口径であり、Qは噴出流量である。記号◎、○、△、×は、吸引試験のための重量が30gのゴムボール球及び60gのゴムボール球を気液噴出孔303の近傍に配置したときの吸引力の評価を表しており、◎～×の順に吸引力が低下することを示している。これらの結果から明らかなように、気液噴出孔303の口径が7mm及び11mmとなる範囲の近傍で吸引力が高くなるのが分かる。しかし、噴出口径dが大きくなると、気泡が粗大になる傾向があり、必要とする流量Qと合わせて適正範囲に調整することが必要である。ちなみに、7mmの場合は、流量Qを大きくできないが、肌面等のマッサージに必要な吸引力は確保できる。また、11mmの場合は流量Qを大きくでき、しかも中空部内で必要な水流の旋回力を維持させることができる。

以上のように構成された実施の形態24の微細気泡発生器300によれば、実

施の形態 1 で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) タンク部 304 を設けることにより、タンク部 304 内に貯留した水によりタンク部気体自吸孔 305 の部分に水圧を付与して、タンク部気体自吸孔 305 の吸引抵抗を大きくすることができ、安定して微細気泡を噴出させることができ制御性に優れている。

(2) タンク部気体自吸孔 305 の径を大きくしても気体が大量に吸い込まれず、気液噴出孔 303 における吸引力を保つことができ、微細気泡発生器 300 をマッサージ器として使用する場合に高いマッサージ効果や洗浄効果を得ることができる。

(3) タンク部気体自吸孔 305 の径を大きく形成できるので、塵埃や水垢等の詰まりによる動作不良等が起こりにくくメンテナンス性に優れている。

(4) 微細気泡発生器 300 をマッサージ器として使用する場合、飛散防止部 309 を備えているので、流出部 308 から流出した液体が前方に飛び散ることがなく使用性に優れる。

#### (実施の形態 25)

実施の形態 25 の微細気泡発生器について、以下図面を参照して説明する。

図 35 は実施の形態 25 における微細気泡発生器の要部側面断面図である。

図 35 において、331 は実施の形態 25 における微細気泡発生器、332 は後部から前端部に向かって収束する形状の中空部 332a を有し後壁に開口部 332b を有する器体、332c は開口部 332b の縁部に沿って立設された雌螺子部、333 は雌螺子部 332c に雄螺子部 333a が螺合し開口部 332b に回動自在に覆設された回動部材、334 は回動部材 333 に開口されたタンク部気体自吸孔、335 は回動部材 333 の後壁に配設されタンク部気体自吸孔 334 を介して器体 332 の中空部 332a に連通するタンク側中空部 335a を有するタンク部、336 はタンク部 335 の上部側に開口されたタンク孔を有するタンク部気体導入管である。

実施の形態 25 における微細気泡発生器 331 が実施の形態 24 の微細気泡発生器 300 と異なる点は、回動部材 333 が器体 332 の開口部 332b に覆設され、タンク部 335 が回動部材 333 に配設された点である。

なお、雌螺子部 3 3 2 c によって器体 3 3 2 の後壁側に段部が形成されるが、雌螺子部 3 3 2 c の長さを器体 3 3 2 の軸長の  $1/10$  以下に程度に短くすることにより、器体 3 3 2 内の旋回水流を妨げることなく気泡発生状態を良好に維持させることができる。

以上のように構成された実施の形態 2 5 における微細気泡発生器 3 3 1 について、その動作を以下図面を参照しながら説明する。

図 3 6 は実施の形態 2 5 におけるタンク部気体自吸孔と気体軸との重なりを説明する要部背面断面図である。

図 3 6 において、3 3 3 b は回動部材 3 3 3 の回動中心、Y は器体 3 3 2 の中空部 3 3 2 a 内にタンク部気体自吸孔 3 3 4 から気液噴出孔 3 0 3 と肌面 H にかけて形成された気体軸である。タンク部気体自吸孔 3 3 4 は、回動中心 3 3 3 b から少しずらして穿設される。これにより、器体 3 3 2 内に形成される気体軸 Y とタンク部気体自吸孔 3 3 4 とを軸方向から見たときの重なり合う部分の面積を回動部材 3 3 3 を回動させて調整することができる。この重なり部分を調節することにより、タンク部気体自吸孔 3 3 4 の吸引抵抗を調節することができ、タンク部気体自吸孔 3 3 4 から吸い込ませる気体量やその形態等を調節することができる。尚、気体自吸孔と気体軸との重なりの調節以外の動作は、実施の形態 2 4 と同様なのでその説明を省略する。

実施の形態 2 5 の微細気泡発生器は以上のように構成されているので、実施の形態 2 4 で得られる作用に加え、以下のような作用が得られる。

(1) 回動部材 3 3 3 が器体 3 3 2 の後壁にその回動軸を器体 3 3 2 の中心から偏心した位置に覆設され、タンク部気体自吸孔 3 3 4 が回動軸に対して偏心位置に形成されているので、回動部材 3 3 3 を回転又は回動させることにより、器体 3 3 2 内に形成される気体軸 Y の後壁上への射影断面とタンク部気体自吸孔 3 3 4 とが重なり合う部分の面積を調整することができ、タンク部気体自吸孔 3 3 4 からの吸引抵抗等を変化させて、タンク部気体自吸孔 3 3 4 から吸い込ませる気体量を調節することができる。

(2) 器体 3 3 2 の中心部を液体の旋回流で減圧して、器体 3 3 2 の後壁に配置されたタンク部気体自吸孔 3 3 4 から気体を吸引し、器体 3 3 2 内の中心部に気



体軸を形成させることができる。この気体軸 Y の形態は回動部材を所定角度に回動させることで調節できるので、操作性に優れる。

#### 産業上の利用可能性

本発明の請求項 1 に記載の微細気泡発生器によれば、以下のような効果が得られる。

(1) 気液導入孔から器体内に気液混合流体を流入させると、接線方向から流入した気液混合流体は、器体の内壁に沿って旋回することにより気液が激しく混合されながら、中空部の回転対称軸の方向に設けられた気液噴出孔側へ移動していく。この際、液体と気体との比重の差によって、液体には遠心力が働き、気体には向心力が働き、大きな気泡が中心軸に収束して負圧軸（気体軸）が形成される。また、負圧軸により、気液噴出孔付近の液中の液体には、微細気泡発生器内に進入しようとする力が働く。一方、微細気泡発生器内の気液混合流体は、旋回しながら気液噴出孔に近づくにつれて、旋回速度が速くなるとともに圧力が高くなり、気液噴出孔付近で旋回速度及び圧力は最大となり、負圧液と押し合う状態になる。よって、負圧軸に集まった気体は、負圧液と旋回している気液混合流体とによって形成された間隙を圧縮気体となって通過し、気液混合流体とともに多量の微細気泡として気液噴出孔から液中へ噴出される。

(2) 負圧液と負圧軸に集まった気体との間に剪断力が働き、負圧軸に集まった気体は引きちぎられるようにして気液噴出孔から噴出されるので、多量の微細気泡を発生させることができる。

(3) 気体と液体とが予め混合された気液混合流体が気液導入孔に供給されるので、気体の混合比率を調整でき、しかも微細気泡を制御された状態で発生させることができる。

(4) 微細気泡を含む水流を、処理する液体と十分に接触させることができ、溶存酸素量や反応効率等を高めることができる。

(5) 気泡を含む液体を所定方向に吐出させ、水流の吐出状態を制御しながら河川や浄水設備等で広範囲に亘って大量の水処理を効率的に行うことができる。

(6) 微細気泡発生器を気液反応装置や汚水処理装置等に用いた場合、ポンプの ON/OFF 時等に装置内の残圧（負圧）により流体が逆流しても、微細気泡発

生器には気体を取り込むための細孔等がないので、反応物や汚物により目詰まりを起こすことがない。

(7) 微細気泡発生器には気体を取り込むための細孔等がないので、器体内を高圧にしても逆流を起こさず、より微細で多量の気泡を噴出できる。

(8) 微細気泡を多量に発生させるので、気体と液体の接触面積を大きくすることができ、気液反応装置における反応や、浄化装置における浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

請求項 2 に記載の微細気泡発生器よれば、請求項 1 の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) 気液噴出孔が中空部の回転対称軸の左右両側にそれぞれ設けられているので、一つの微細気泡発生器で処理できる範囲を広くして、水処理を効率的に行うことができ、生産性と利便性に優れている。

(2) 回転対称軸の左右両側に配置されるそれぞれの気液噴出孔の噴出特性を異ならせることによって、微細気泡の噴出状態を所定の状態に制御することができ、水処理を効率的に行うことができる。

(3) 2 つの気液噴出孔を有するので、微細気泡発生器から吐出される気液混合流体の噴出量を単孔のものに比べて倍増させることができ、大量の水処理を行うことができる。

請求項 3 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 1 又は 2 の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) 気液噴出孔の内周壁に噴出側に向かって所定角度で拡径する傾斜部を有しているので、微細気泡や微細気泡になる前の気体を含む水流が拡散する範囲を所定角度内に限定して水流内を減圧することができ、この部分的な減圧により微細気泡を気液混合流体中に効果的に発生させることができる。

(2) 傾斜部における角度や噴出方向の長さを、供給する水の水質や圧力、流量、温度等に応じて、それぞれ組み合わせて調整することで、水流に拡散させる微細気泡の大きさや気泡の集合形態等を微妙に変化させることもできる。

(3) 回転対称軸の両側に気液噴出孔を配置した場合には、それぞれの傾斜部に

おける傾斜角度を異ならせることにより、微細気泡発生器から全体的に噴出される水流に特定の方向性を付与することができ、化学反応槽や浄化層等における制御性に優れている。

請求項 4 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 1 乃至 3 の内いずれか 1 項の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) 気液導入孔から器体内に気液混合流体を流入させると、接線方向から流入した気液混合流体は、器体の内壁に沿って旋回し、激しく気液が混合されながら気液噴出孔側へ移動していく。この際、液体と気体との比重の差によって、液体には遠心力が働き、気体には向心力が働き、大きな気泡が中心軸に収束し負圧軸が形成される。また、負圧軸によりキャップ部を、微細気泡発生器内に吸引しようとする力が働く。一方、器体内の気液混合流体は、旋回しながら気液噴出孔に近づくにつれて、旋回速度が速くなり、気液噴出孔付近で旋回速度は最大となり、気液噴出孔と対向したキャップ部の蓋部と押し合う状態になる。よって、負圧軸に集まった気体は、キャップ部の蓋部と旋回しながら噴出する気液混合流体との間を圧縮・剪断されながら通過し、気液混合流体とともに多量の微細気泡として気液噴出孔から液中へ噴出される。

(2) 微細気泡を多量に発生させることができるので、気体と液体の接触面積を大きくして気液反応装置における反応や、浄化装置における浄化を促進させることができる。また、養殖池や養殖場もしくは鮮魚運搬車の水（海水）中の溶存酸素量を増加させることができる。

(3) 微細気泡を発生でき、気泡の表面積を極めて大きくでき、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

(4) 液体や気体の流入量や旋回速度を調整するだけで微細気泡の粒径を数 nm ～ 100 μm の範囲に自由にコントロールできる。

請求項 5 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 4 の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) キャップ支持部を有してキャップ部が固定されるので、キャップ部が気液混合流体の旋回方向に対して動かず、キャップ部の蓋部と噴出される気体との間で剪断力を有効に働かせることができ、負圧軸に集まった気体は引きちぎられる

ようにして噴出され、多量の微細気泡を発生させることができる。

請求項 6 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 5 の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) キャップ支持部及び／又はキャップ部が可撓性材料からなるので、キャップ部がキャップ支持部の撓み等の許容範囲内で各々の噴出孔に対して接離方向に移動させることができる。従って、キャップ部は負圧軸により気液噴出孔方向に吸引され気液噴出孔から噴出する気体はキャップ部の裏側に形成された隆起部等で圧縮、剪断されるので、より微細な気泡を多量に発生させることができる。

(2) ポンプの吐出圧や気液導入孔や気液噴出孔の径、器体の形状や容積に応じて変化する気液混合流体の旋回時の流速や流量に対応して隆起部の気液噴出孔側の面と気液噴出孔との間隙の大きさが変化するので、汎用性に優れる。

請求項 7 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 4 乃至 6 の内何れか 1 項の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) キャップ部の裏面側に湾曲して突起した形状の隆起部を有しているので、微細気泡を有した気液混合流体を隆起部の面に沿ってガイドしながら流すことができる。

(2) キャップ部やキャップ支持部を材質を可撓性材料で構成した場合、隆起部は負圧軸により気液噴出孔方向に吸引されて流路が狭まるので、気液噴出孔から噴出される流体中の気体は隆起部で圧縮、剪断され、更に器体と外部液体とがキャップ部で分断され、負圧液の影響を最小限に抑え噴出力が強力になって、より微細な気泡を多量に発生させることができる。

請求項 8 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 4 の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) キャップ部は気液噴出孔と枠状フレームとの間で移動自在に配設されている。キャップ部は負圧により気液噴出孔方向に吸引され、気液噴出孔から噴出する気体はキャップ部により圧縮、剪断されるので、より微細な気泡を多量に発生させることができる。

(2) ポンプの吐出圧や気液導入孔や気液噴出孔の径、器体の形状や容積に応じて変化する気液混合流体の旋回時の流速や流量に対応してキャップ部の気液噴出

孔側の面と気液噴出孔との間隙の大きさが変化させることができ水流の安定性と制御性に優れる。

(3) 器体内に負圧軸が形成されている時は、キャップ部は負圧軸の吸引力と噴出する気液混合流体の噴出方向への力とにより所定の位置で保持されるので、枠状フレームや気液噴出孔に接触することがほとんどなく、磨耗しにくく、耐久性に優れる。

請求項 9 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 1 乃至 8 の内何れか 1 項の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) タンク部を備えているので、タンク部気体自吸孔及びタンク部気体導入管を介して吸引される空気の吸引抵抗を大きくすることができるので、タンク部気体自吸孔の径を大きくしても気体が大量に吸い込まれず、安定した状態で気体を吸引できる。

(2) 容量の大きいタンク部を設けることにより外部の圧力変動が緩和されるので、水流内に発生させる微細気泡の大きさや形態、発生量等の制御を容易化でき、操作性に優れる。

(3) タンク部気体自吸孔の径を大きくすることができるので、塵埃や水垢等の詰まりによる動作不良等が起こりにくく、メンテナンス性に優れる。

請求項 10 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 1 乃至 8 の内何れか 1 項の効果の他、以下の効果が得られる。

(1) 中空部内に二次液体を噴射する内部ノズルを備えているので、液体導入管から供給される気液混合流体とこの二次液体とを中空部内で効果的に接触させて、さらに微細な気泡を発生させることができ、水処理における生産性を向上させることができる。

(2) 二次液体導入管から内部中空部内へ接線方向から連続的に流入した気液混合流体や液体は、旋回しながら内部ノズル部側へ移動していく。この際、液体には遠心力が働き、旋回流の中心は負圧になるので、気体が中心に集まって負圧軸が形成される。一方、気液導入孔から中空部内へ流入した液体は、旋回しながら気液噴出孔側へ移動していく。こうして中空部内で二次液体導入管と気液導入孔とを介して供給された流体が合流して、多量で微細な気泡を生じさせることがで

きる。

(3) 噴出される気液混合流体の旋回方向を中空部内の液体の旋回方向と逆にした場合、負圧軸に収束された気体は瞬間的に微細気泡となって、中空部内の液体と混合されて気液噴出孔から噴出するので、気液噴出孔が空気中に配置されていても、微細気泡を多量に含有した液体を噴出することができる。

(4) 中空部には、気体を取り込むための孔等がないので、微細気泡発生器を化学反応槽や化学石油プラントにおけるガス洗浄槽、污水处理槽に用いる場合は、ポンプのON/OFF時等に装置内に残圧が残っていて流体が逆流しても反応物や汚物により目詰まりを起こすことがない。

(5) 微細気泡とすることができるので、気泡の表面積が極めて大きく、汚水や反応液、中和液に空気や反応ガスを高い吸収率や反応率で供給できる。

請求項 11 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 1 の効果に加え、以下のような効果が得られる。

(1) 各旋回流発生部に種類の異なる液体もしくは気体を流入させることによって、より多くの種類の液体や気体を混合することができる。

(2) 混合燃料を一回の処理で高酸素率に製造でき、ボイラー等の燃焼効率を高めることができる。

(3) 化学工場等の工場において種類の異なる排ガスや反応ガスを同時に中和液や洗浄液、反応液に供給することができる。

(4) 養殖場等でオゾンガスを供給し、次いで空気を供給して高殺菌と高酸素含有化を同時に達成させることができる。

請求項 12 に記載の微細気泡発生器によれば、請求項 10 又は 11 の効果に加え、以下のような効果が得られる。

(1) 内部ノズル部から中空部内へ、気液混合流体が旋回しながら進入するので、気液混合流体と液体とが効率よく混合することができる。

(2) 気液混合流体の旋回力に内部ノズル部からの液体の旋回力が加わり、より強い旋回流が生じるので、勢い良く、より広範囲へ多量の微細気泡を噴出させることができる。

(3) 二次液体導入孔や直列状に接続された内部ノズル部の液体導入孔が気液導

入孔と反対方向の接線方向に開口されている場合によれば、4) 中空部内や各内部ノズル部での液体の旋回速度を調整することで、気液噴出孔から微細気泡を多量に噴出させることができる。

請求項 13 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、この構成により、以下のような効果が得られる。

(1) 微細気泡発生器には気体を取り込むための細孔等がないので、ポンプの ON/OFF 時等に装置内に残圧が残っていて流体が逆流しても目詰まりを起こすことがない。

(2) ポンプ内に吸い込まれた気液混合流体は、ポンプのインペラにより液体と共に攪拌され、気泡が拡散されながらポンプの吐出口から気液吐出管に吐き出される。

(3) 気液吐出管から微細気泡発生器に供給された気液混合流体は中空部内でさらに攪拌され微細な気泡にされるので、従来の技術に比べてさらに微細な気泡を発生することができる。

請求項 14 に記載の微細気泡発生器及を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 13 の効果に加えて以下のような効果が得られる。

(1) 気体は吸込管部気体自吸孔から気液吸込管に吸い込まれ、微細気泡発生器には、気体を取り込むための細孔等がないので、ポンプの ON/OFF 時等に装置内に残圧が残っていて流体が逆流しても目詰まりを起こすことがない。

(2) ポンプを駆動させると気液吸込管に水流が発生して、このエジェクタ効果により気液吸込管部気体自吸孔から気液吸込管内に気体が液体の随伴流として吸引される。こうして気体を含む気液混合流体が、ポンプの吸込口からポンプ内に吸い込まれる。ポンプ内に吸い込まれた気液混合流体は、ポンプのインペラにより、気泡が拡散されながらポンプの吐出口から気液吐出管内に吐き出される。

(3) 吸込管部気体自吸孔から供給される気体の流量を制御できるので、微細気泡の量や大きさ等を適正に調整することができる。

請求項 15 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 14 の効果に加えて以下のような効果が得られる。

(1) 気体導入管を所望の容器等に連通させることにより、所望の気体を気液吸

込管内に流入させることができる。

請求項 16 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 15 の効果に加え、以下のような効果が得られる。

(1) 気体流量調節バルブ調節することにより、液体に混入する気体量を調節することができるので、発生する微細気泡の大きさを調節することができる。

請求項 17 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 15 又は 16 の効果に加え、以下のような効果が得られる。

(1) エアポンプにより強制的に気体を供給することができるので、液体に混合する気体量を増加させることができる。

請求項 18 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 13 乃至 17 の内何れか 1 項の効果に加えて以下のような効果が得られる。

(1) 液中ポンプは液中に配置されるので、陸上にポンプを配置するための場所を必要とせず、使用性に優れる。

(2) 液中ポンプの吸込口から直接流体を吸い込み、気液吸込管を必要としないので、部品点数が少なくなり生産性に優れる。

(3) 吸込口が液中に開口されているので、液中ポンプの ON/OFF 時に残圧がかからず、気体導入管に流体が逆流せず目詰まりを起こすことがない。

請求項 19 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 18 の効果に加えて以下のような効果が得られる。

(1) 羽根車状に形成されたインペラを吸込室で回転させることにより、インペラの回転軸部に対向して開口した吸込口から周囲の液体を吸引して吸込室内に取り込むと共に、吸込室の周壁の接線方向に接続された気液吐出管から水流を吐出させることができる。

(2) インペラを駆動させるモータを備えたモータ室とインペラを備えた吸込室とが一体に形成されているので、全体をコンパクトにして携帯性に優れ、また、浄水場や沈殿槽等に容易に適用することができる。

請求項 20 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項 19 の効果に加えて以下のような効果が得られる

(1) 分岐管が液中ポンプの吸込口付近に配設されているので、分岐管内に負圧



が発生し、気体導入管から負圧管内に気体が吸い込まれ液体中に混入させることができる。

(2) 負圧管の内径が分岐管の内径より大きいので、流体が分岐管から負圧管に流入した際に、負圧管内に負圧が発生し、気体導入管から負圧管内に気体が吸い込まれ液体中に混入する。

(3) 分岐管が液中ポンプの吸込口付近で開口されているので、液中ポンプのON/OFF時に残圧がかからず、気体導入管に流体が逆流せず目詰まりを起こすことがない。

請求項21に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項17乃至20の内何れか1項の効果に加えて以下の効果を生じる。

(1) エアポンプ用のモータ等の駆動部を別途必要としないので、生産性に優れるとともに装置全体を小型化することができる。

請求項22に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置によれば、請求項13乃至21の内何れか1項の効果に加えて以下の効果を生じる。

(1) 複数の微細気泡発生器を用いてそれぞれの気液噴出孔から多量の微細気泡を所定の方に噴出させることができるので、微細気泡をより広範囲に噴出させることができる。

(2) それぞれの気液噴出孔の傾斜部の角度を調整することにより、全体の水流の吐出状態を制御して、さらに効率的に広い範囲の水処理を行うことができる。

## 請求の範囲

1. 略回転対称に形成された中空部を有する器体と、前記器体の周壁部に接線方向に開口された気液導入孔と、前記中空部の回転対称軸の方向に開口して設けられた気液噴出孔と、を備えたことを特徴とする微細気泡発生器。

2. 前記気液噴出孔が前記回転対称軸の左右両側にそれぞれ設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の微細気泡発生器。

3. 前記気液噴出孔が噴出方向に拡径した傾斜部を備え、その傾斜角度が所定範囲に設定されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の微細気泡発生器。

4. 前記気液噴出孔の前方に間隔を有して配設された蓋部と、前記蓋部に延設された延設部を前記器体の外周壁に固定された固定キャップ部を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の内いずれか 1 項に記載の微細気泡発生器。

5. 基端側が前記器体の外周壁に配設され他端側で前記固定キャップ部を支持するキャップ支持部を備えていることを特徴とする微細気泡発生器。

6. 前記キャップ支持部及び／又は前記固定キャップ部が合成樹脂やゴム等の可撓性材料で形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の微細気泡発生器。

7. 前記固定キャップ部が、前記気液噴出孔との対向面に隆起して形成された隆起部を備えていることを特徴とする請求項 4 乃至 6 の内何れか 1 項に記載の微細気泡発生器。

8. 前記器体の外周壁に配設された枠状フレームと、前記枠状フレームと前記気液噴出孔との間に移動自在に遊嵌されて保持された球形状や卵形状等に形成されたキャップ部とを備えていることを特徴とする請求項 4 に記載の微細気泡発生器。

9. 前記器体の後壁に配設されたタンク部と、前記タンク部と前記器体間の壁部に貫通して形成されたタンク部気体自吸孔と、前記タンク部に設けられたタンク部気体導入管とを有していることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の内何れか 1 項に記載の微細気泡発生器。

10. 前記気液噴出孔の方向に向かって設けられ前記中空部内に配設された内

部ノズル部と、前記内部ノズル部の後部側に接続された内部中空部と、前記内部中空部の接線方向に開口して設けられた二次液体導入管と、を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の内いずれか 1 項に記載の微細気泡発生器。

1 1. 前記内部ノズル部及び、前記内部中空部、前記二次液体導入管とを有する旋回流発生部が、前記中空部に入れ子状に多段にして設けられていることを特徴とする請求項 1 0 に記載の微細気泡発生器。

1 2. 前記二次液体導入管が、前記内部ノズル部の後部側の前記気液導入孔と同一方向又は反対方向の接線方向に開口されて接続されていることを特徴とする請求項 1 0 又は 1 1 に記載の微細気泡発生器。

1 3. 前記内部中空部の後壁又は最後尾に配置された前記旋回流発生部の内部中空部の後壁に内部ノズル部気体自吸孔が配置されていることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 2 の内いずれか 1 項に記載の微細気泡発生器。

1 4. 請求項 1 乃至 1 3 の内何れか 1 項に記載の微細気泡発生器と、前記微細気泡発生器に気液混合液を供給するポンプと、下流側が前記ポンプの吸込口に接続された気液吸込管と、上流側が前記ポンプの吐出口に接続され下流側が前記微細気泡発生器の前記気液導入孔に接続された気液吐出管と、を有することを特徴とする微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

1 5. 前記気液吸込管の所定部に穿設された吸込管部気体自吸孔を有することを特徴とする請求項 1 4 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

1 6. 一端が前記吸込管部気体自吸孔に接続され他端が空気中で開口した又は反応ガス容器と連通した気体導入管を備えていることを特徴とする請求項 1 5 に記載の微細気泡発生器及を備えた微細気泡発生装置。

1 7. 前記気体導入管の所定部に配設され前記気体導入管の開口面積を調節する気体流量調節バルブを備えていることを特徴とする請求項 1 6 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

1 8. 前記気体導入管の所定部に配設されたエアポンプを備えていること特徴とする請求項 1 6 又は 1 7 に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

1 9. 前記ポンプが液中に全体を浸漬させて用いられる液中ポンプであることを特徴とする請求項 1 4 乃至 1 8 の内何れか 1 項に記載の微細気泡発生器を備え

た微細気泡発生装置。

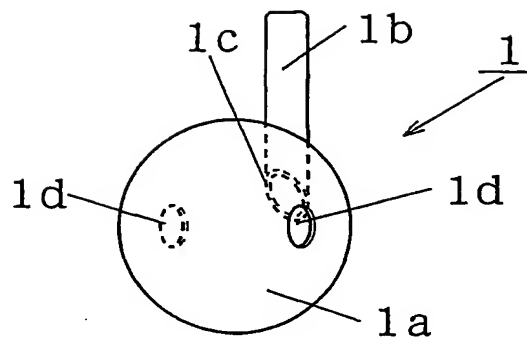
20. 前記液中ポンプが、羽根車状に形成されたインペラと、前記インペラを内蔵する吸込室と、前記吸込室の周壁の接線方向に接続される前記気液吐出管と、前記インペラの回転軸部に対向して開口され周囲の液体を吸引する吸込口と、前記吸込口の近傍にその基端開口部が配置される気体導入管と、前記インペラを回転させるモータが内蔵されたモータ室と、を有していることを特徴とする請求項19に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

21. 前記液中ポンプが、前記吸込口に端部が開口して配置され前記気体導入管が接続される負圧部と、一端側が前記気液吐出管の所定部に接続されその他端側が前記負圧部に接続される分岐管と、を備えていることを特徴とする請求項20に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

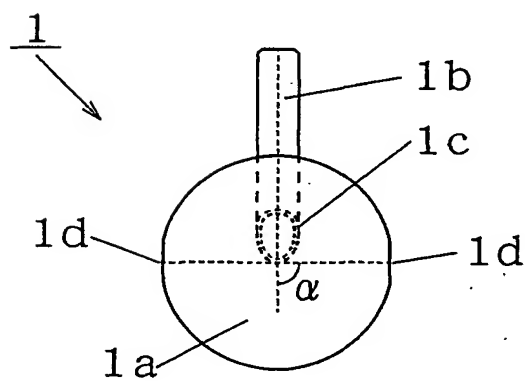
22. 前記エアポンプのインペラが、前記ポンプ又は前記液中ポンプの回転軸に連動して配設されていることを特徴とする請求項18乃至21の内何れか1項に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

23. 前記微細気泡発生器が複数備えられ、前記気液吐出管が各々の前記微細気泡発生器の前記気液導入孔に接続されていることを特徴とする請求項14乃至22の内何れか1項に記載の微細気泡発生器を備えた微細気泡発生装置。

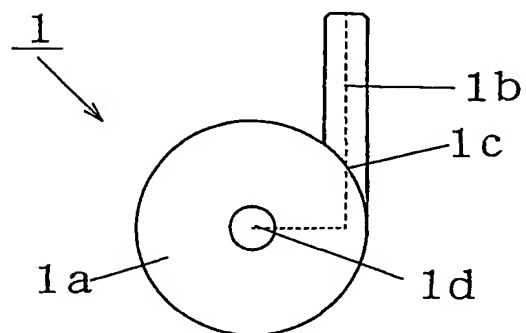
第1 (a) 図



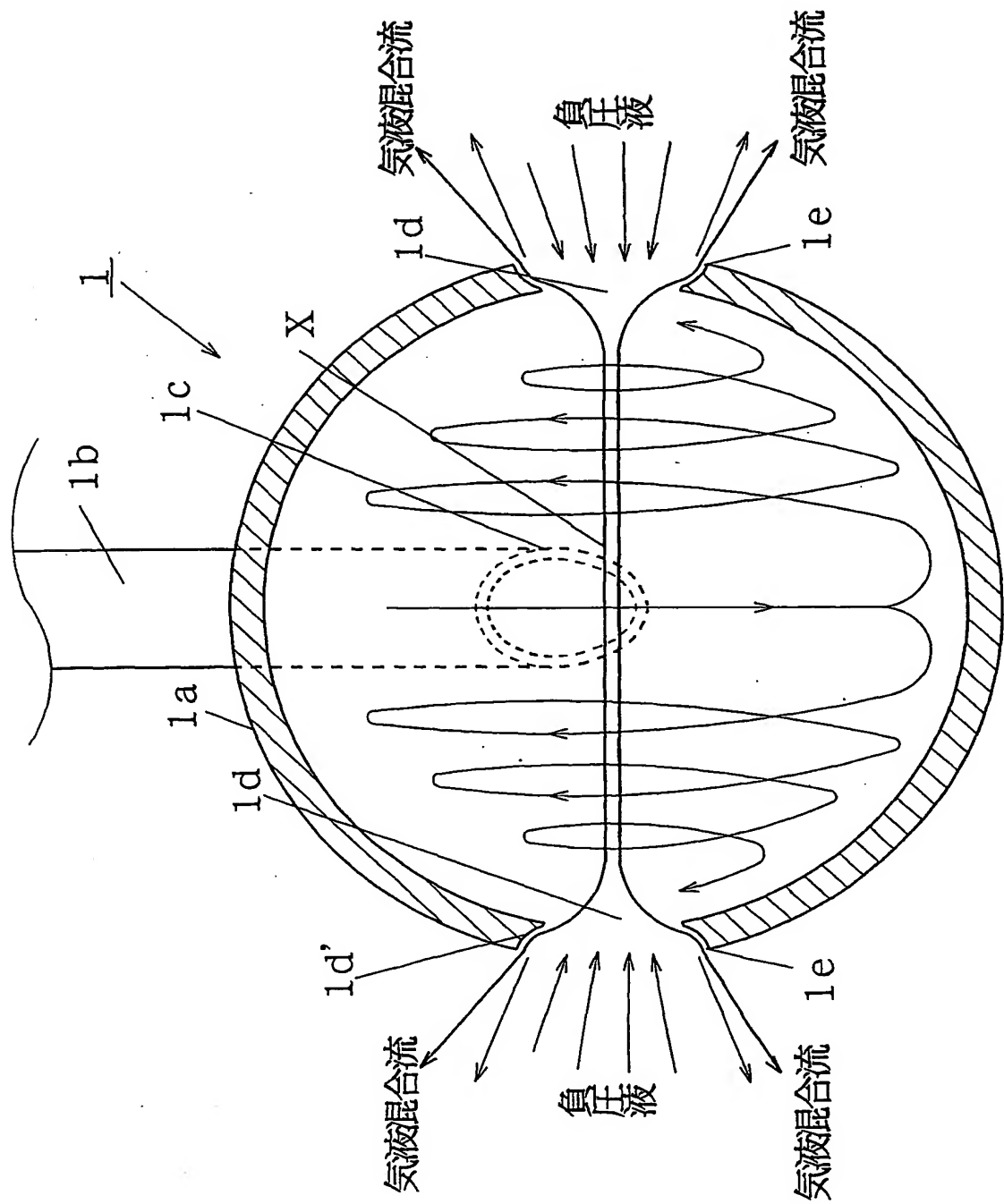
第1 (b) 図



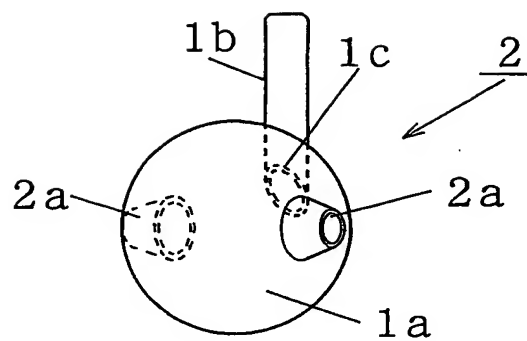
第1 (c) 図



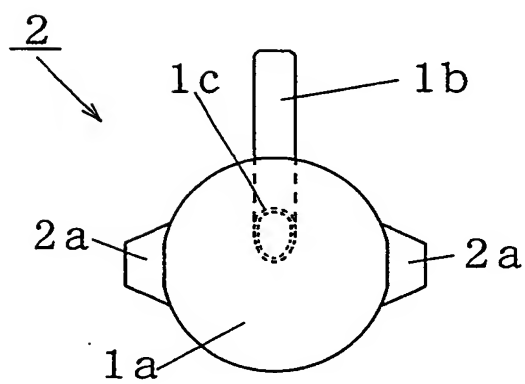
第2図



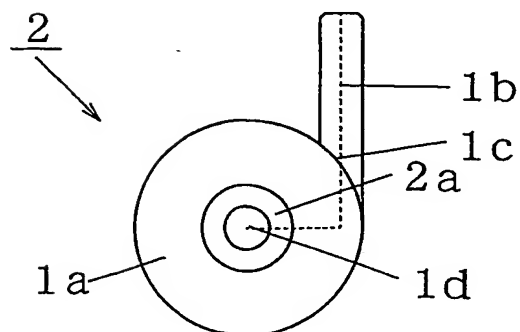
第3 (a) 図



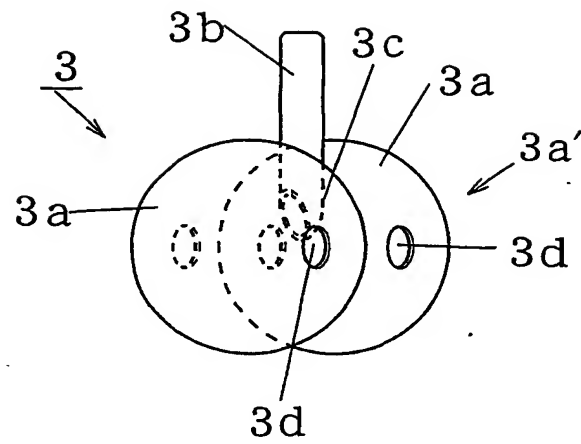
第3 (b) 図



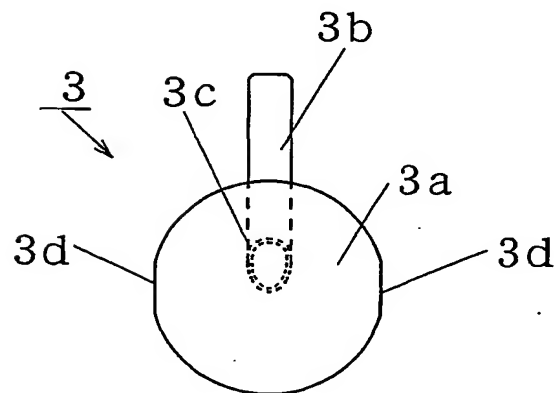
第3 (c) 図



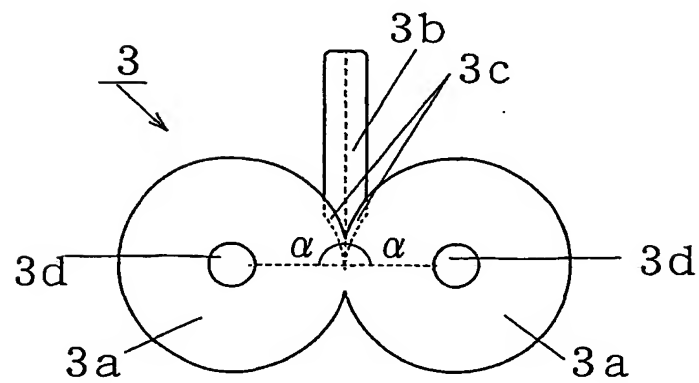
第4 (a) 図



第4 (b) 図

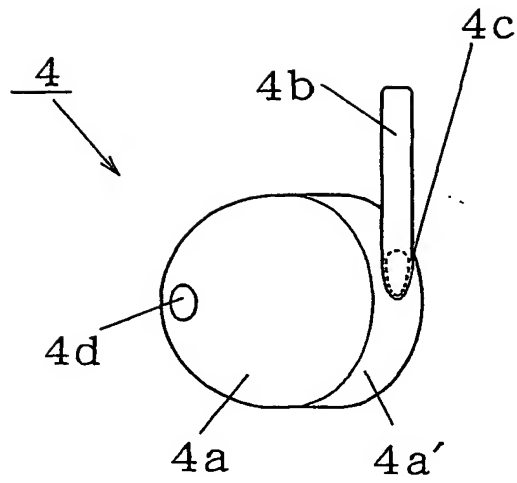


第4 (c) 図

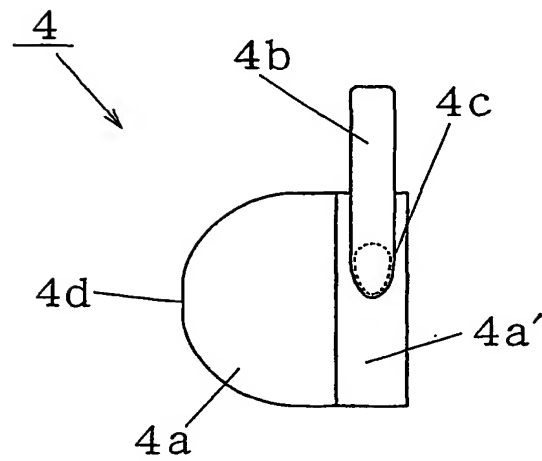




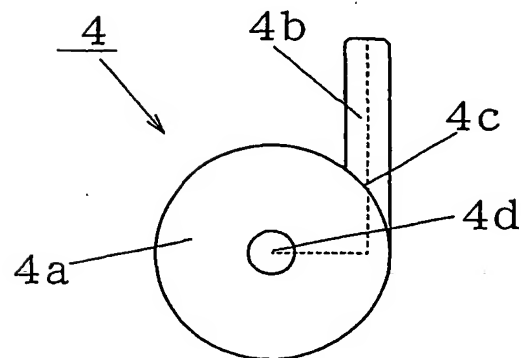
第5 (a) 図



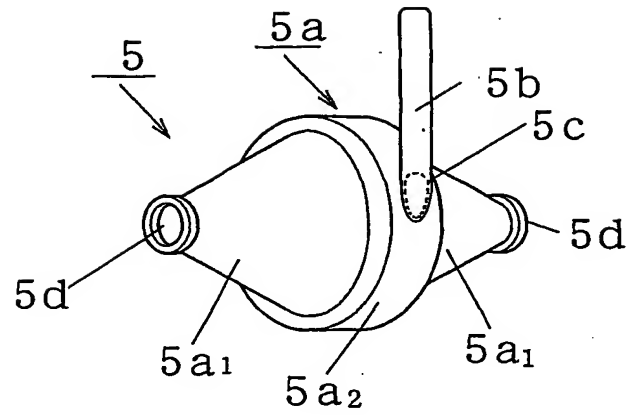
第5 (b) 図



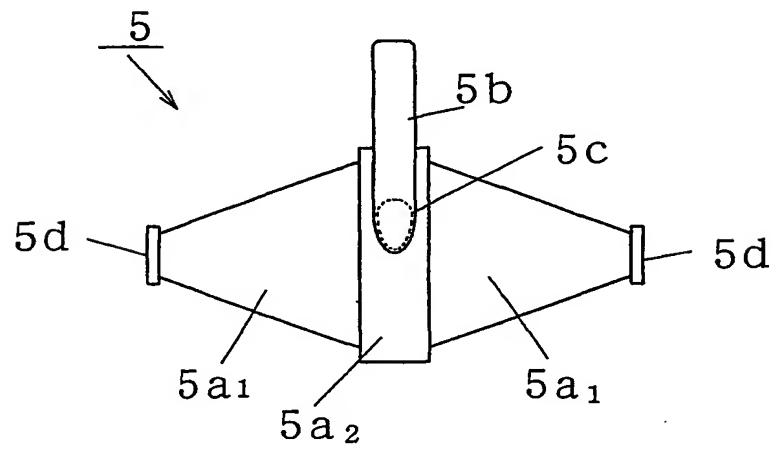
第5 (c) 図



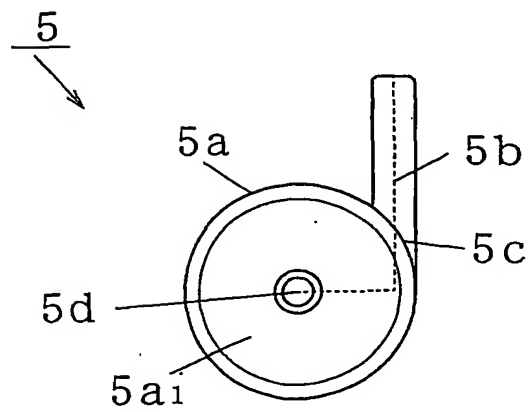
第6 (a) 図



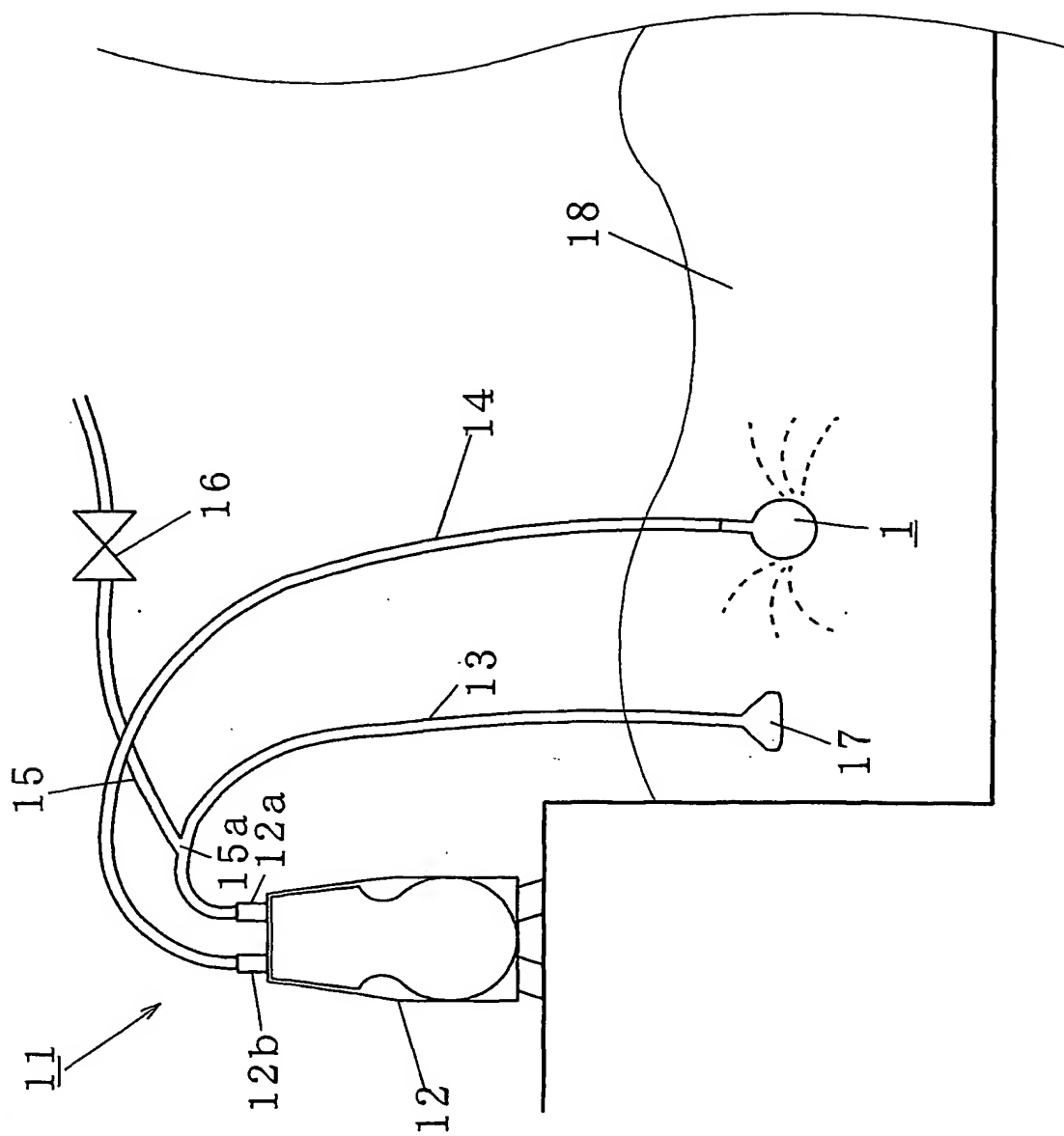
第6 (b) 図



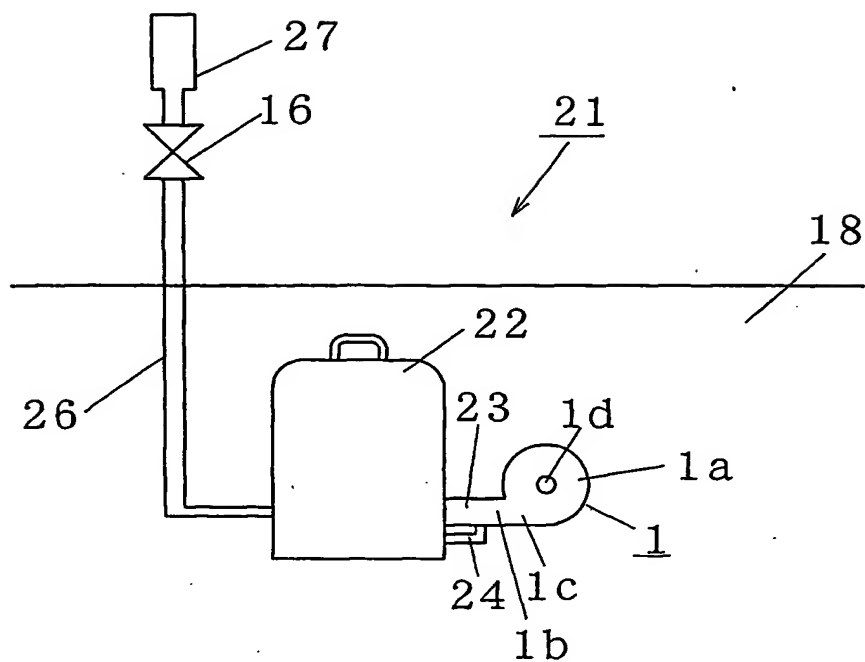
第6 (c) 図



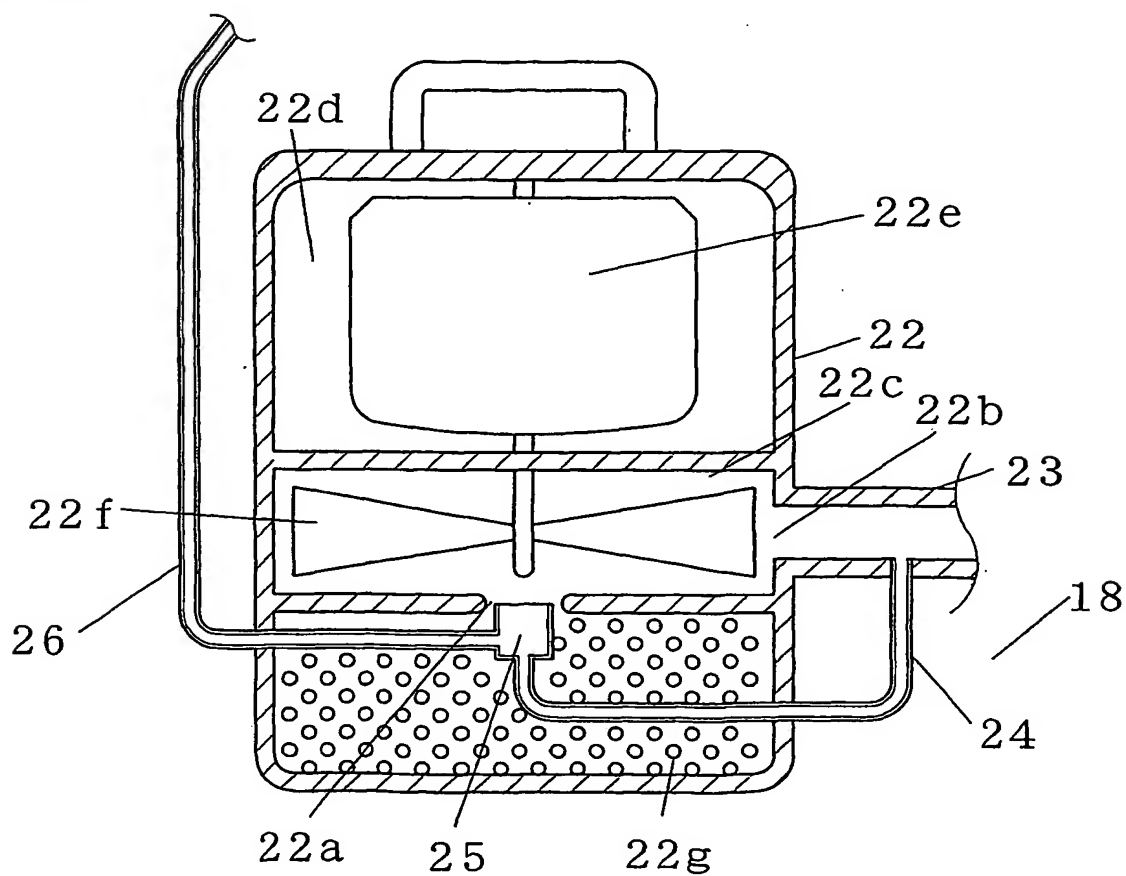
第7図



第8図

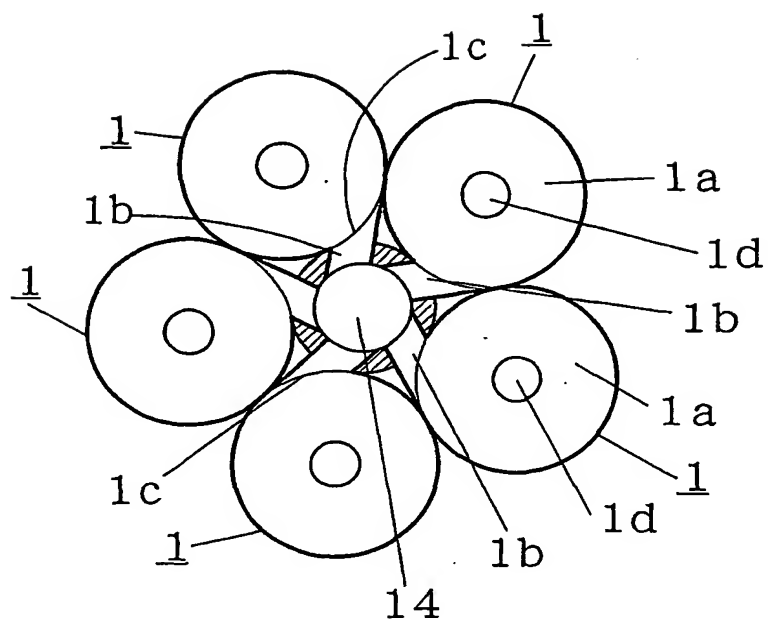


第9図

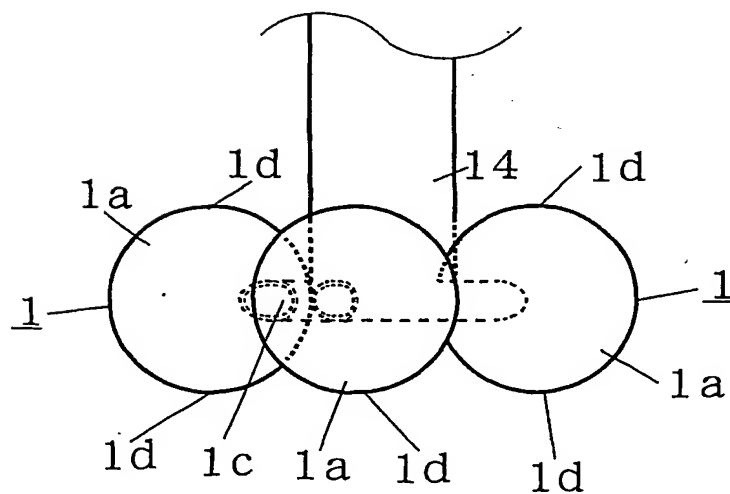




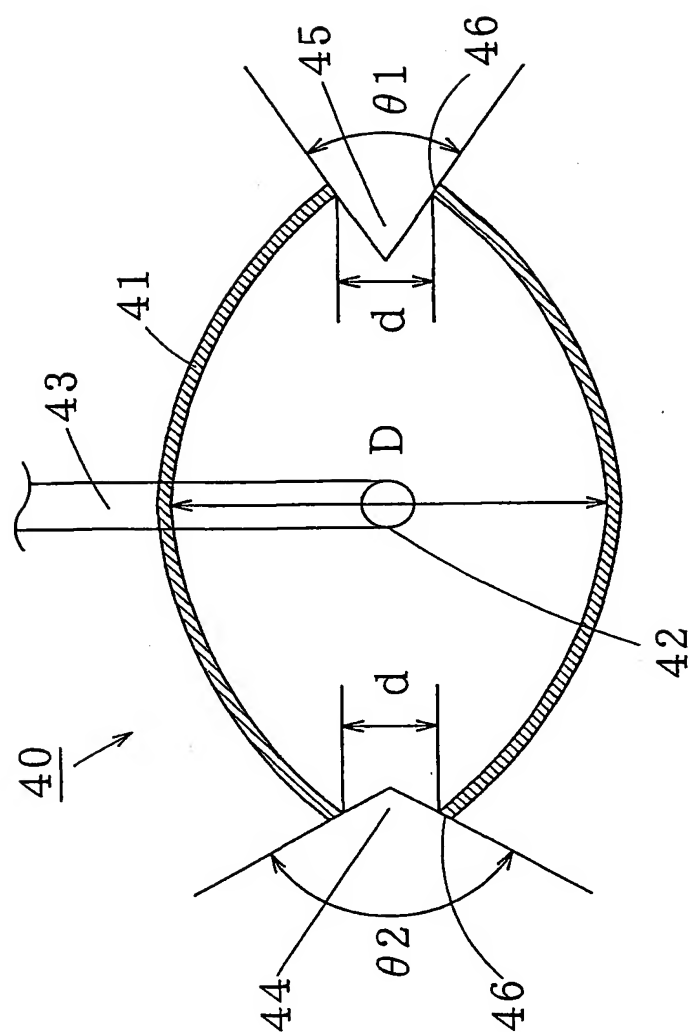
第12 (a) 図



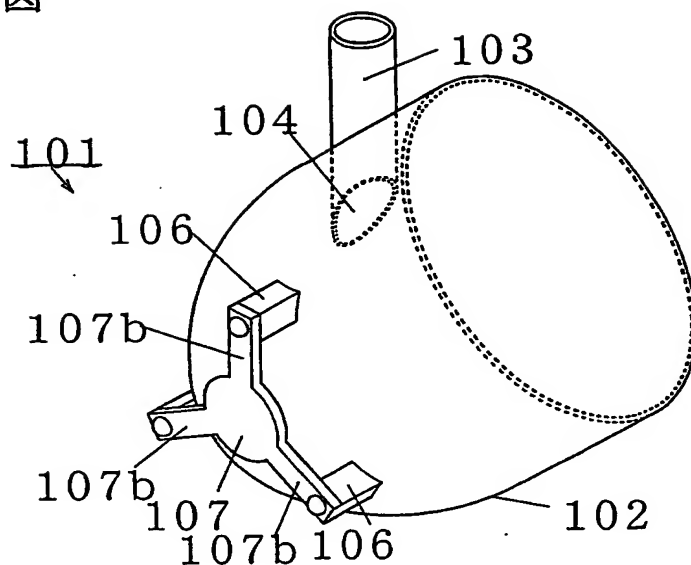
第12 (b) 図



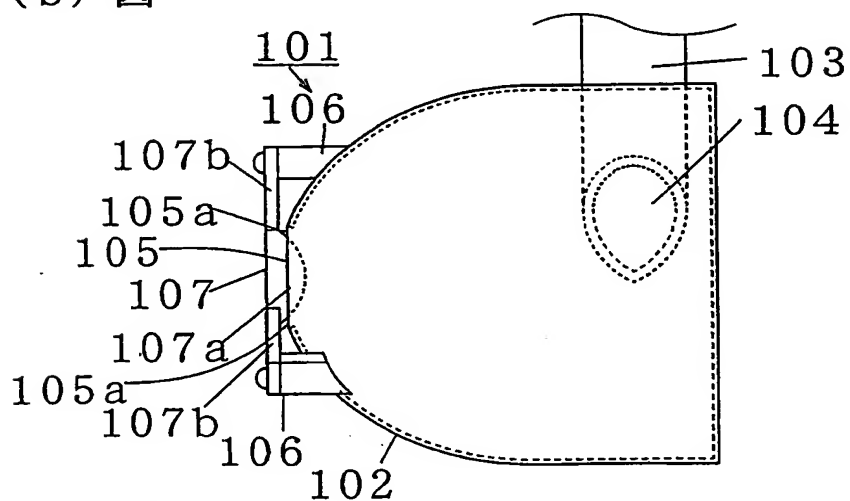
第 1 3 図



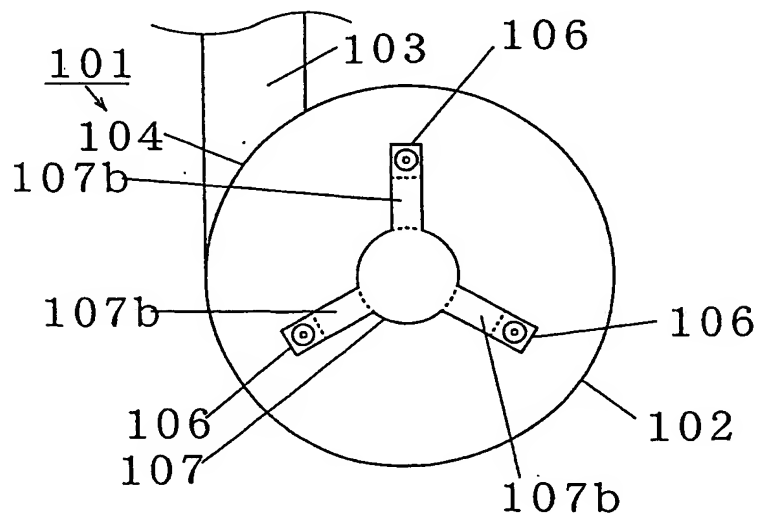
第14 (a) 図



第14 (b) 図

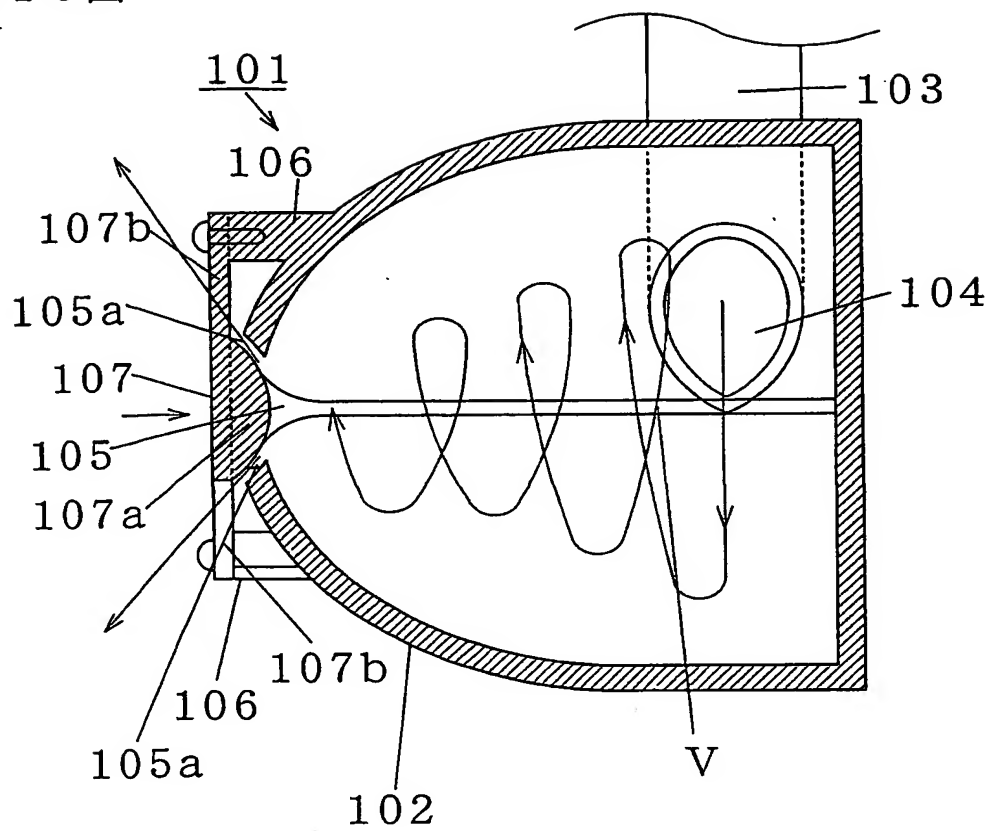


第14 (c) 図

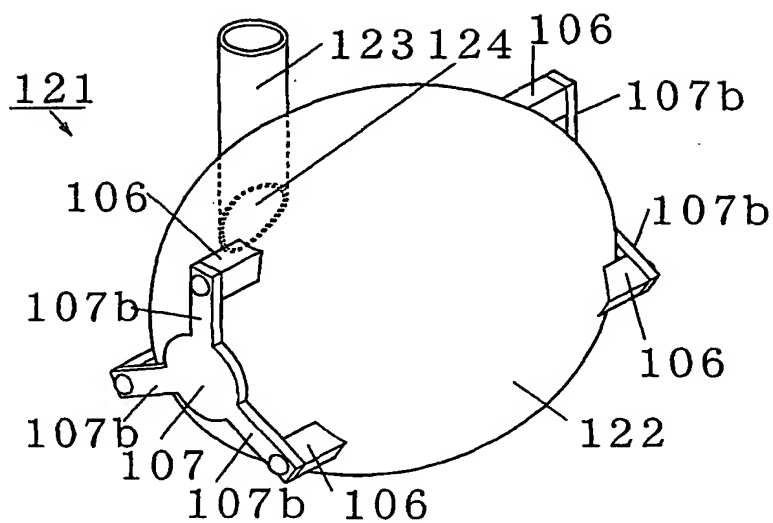




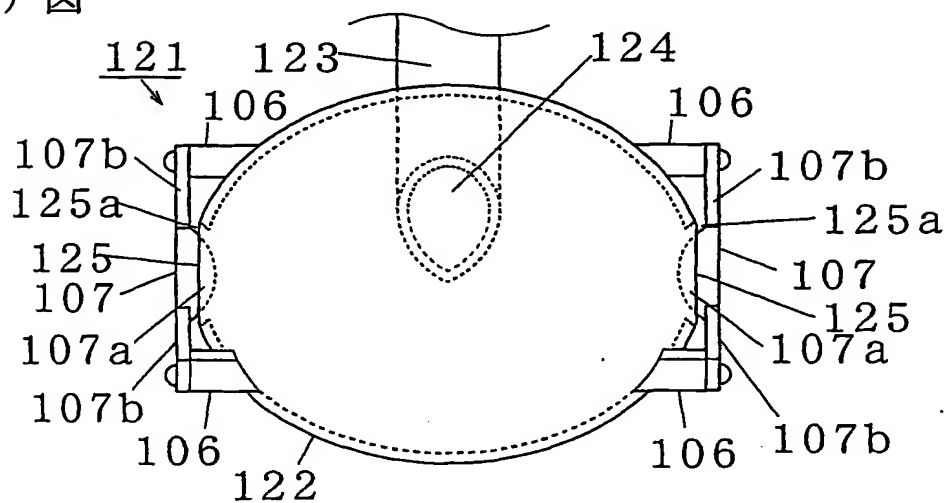
第15図



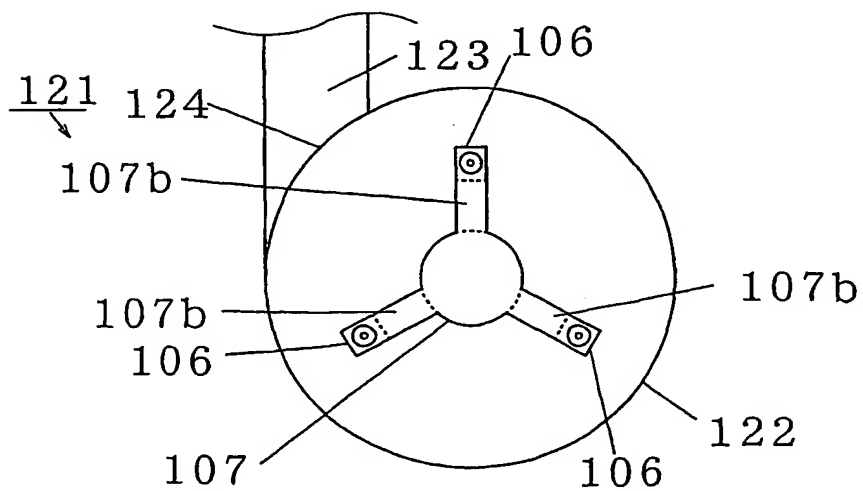
第16 (a) 図



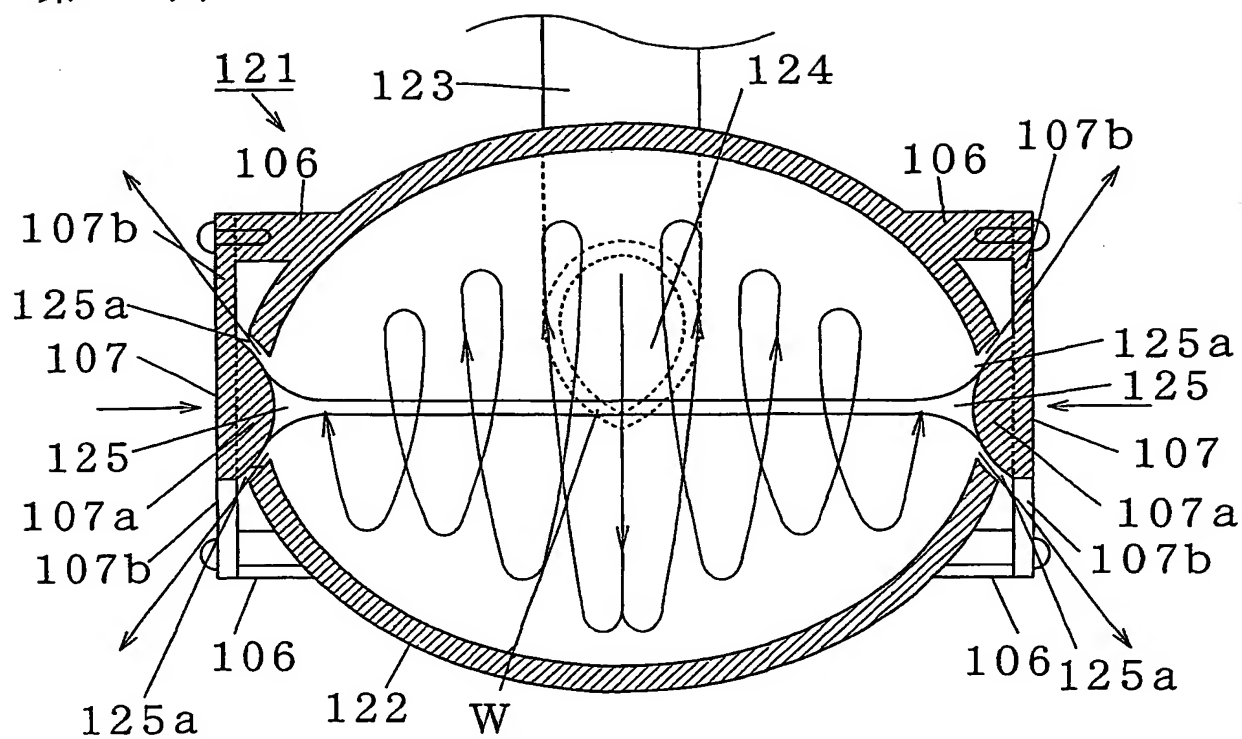
第16 (b) 図



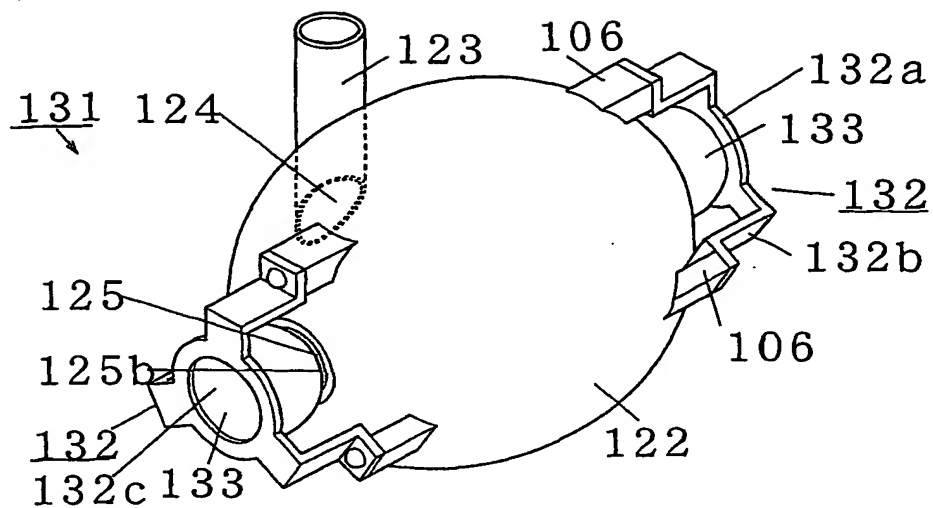
第16 (c) 図



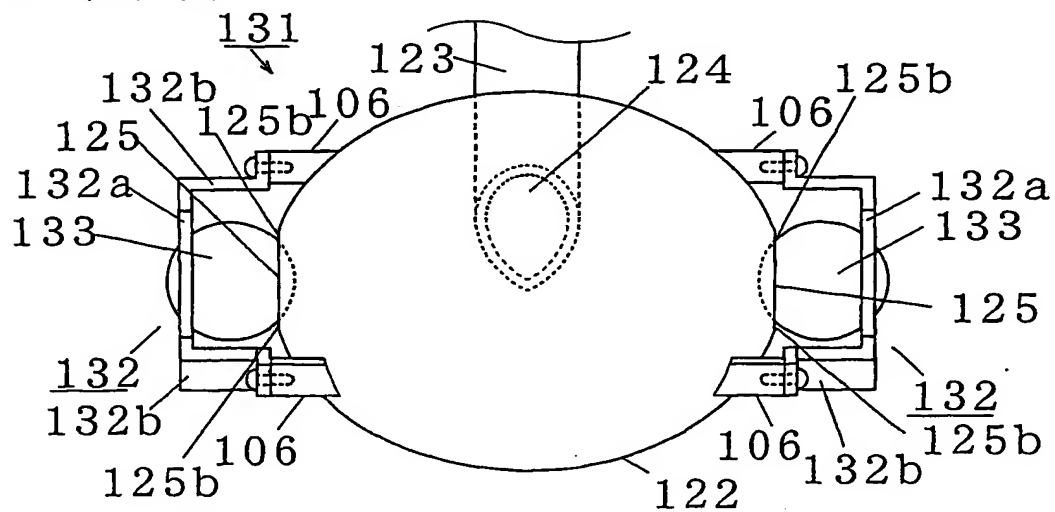
第17図



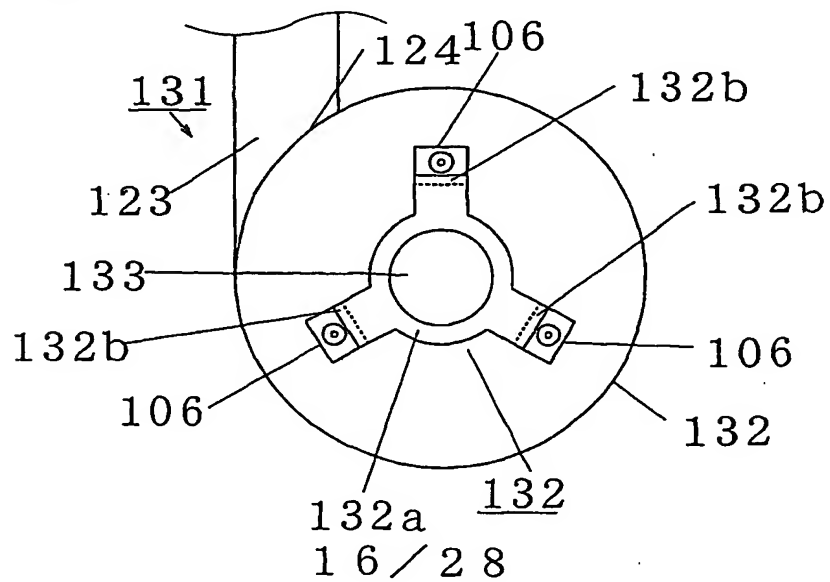
第18 (a) 図



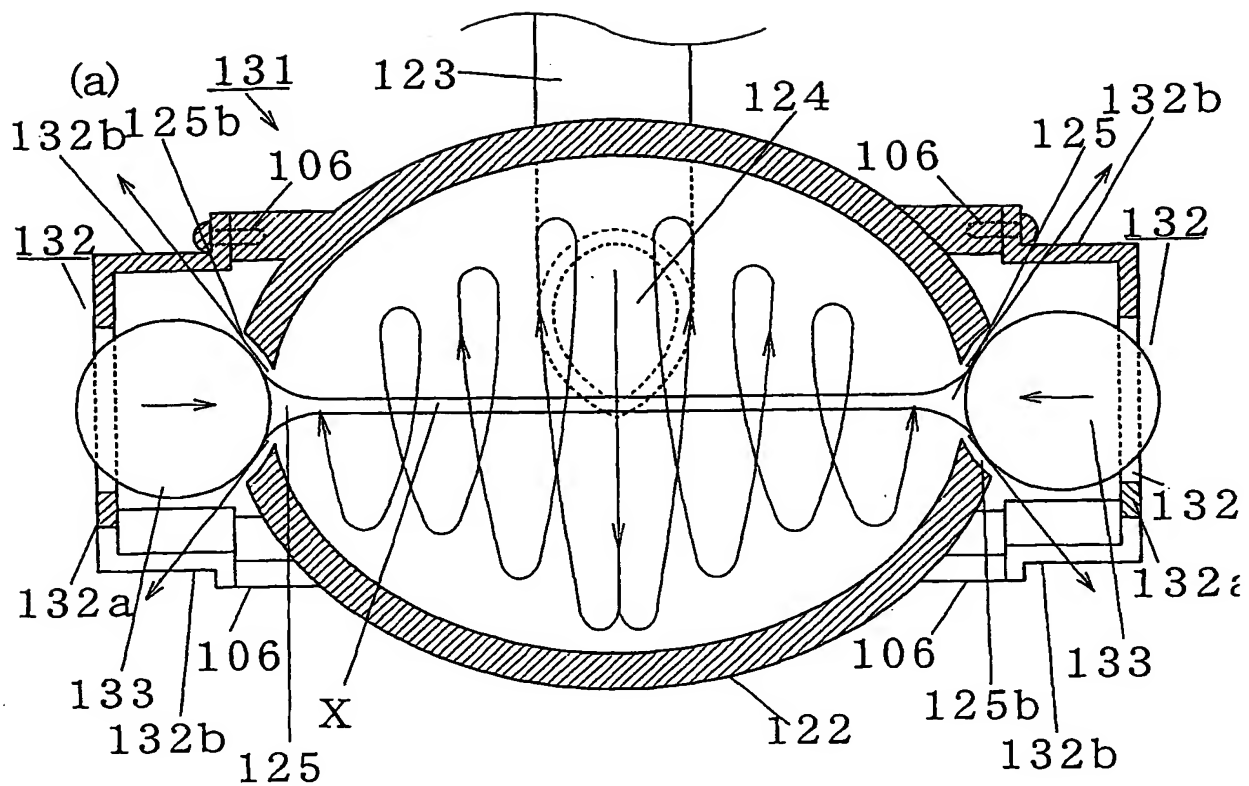
第18 (b) 図



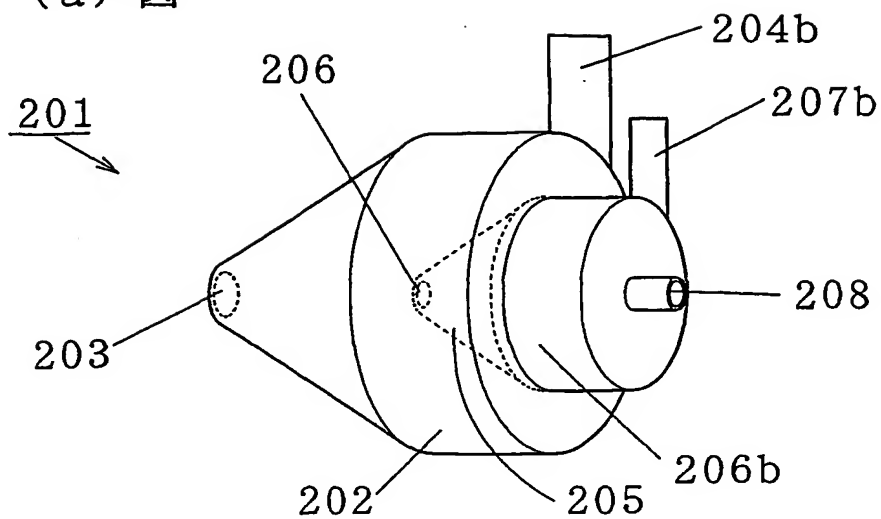
第18 (c) 図



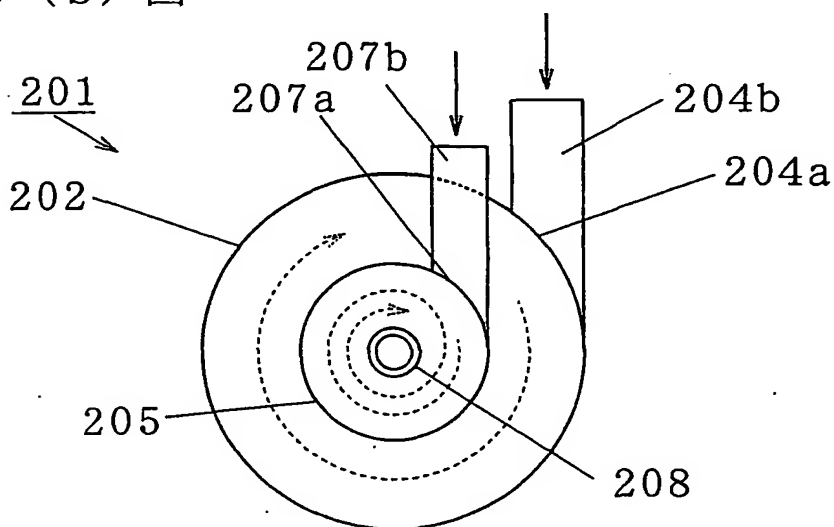
第19図



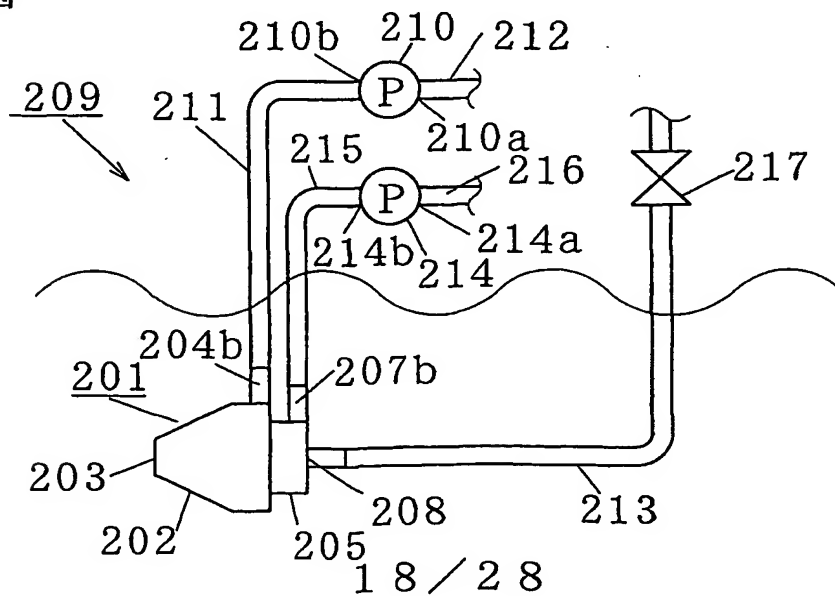
第20 (a) 図



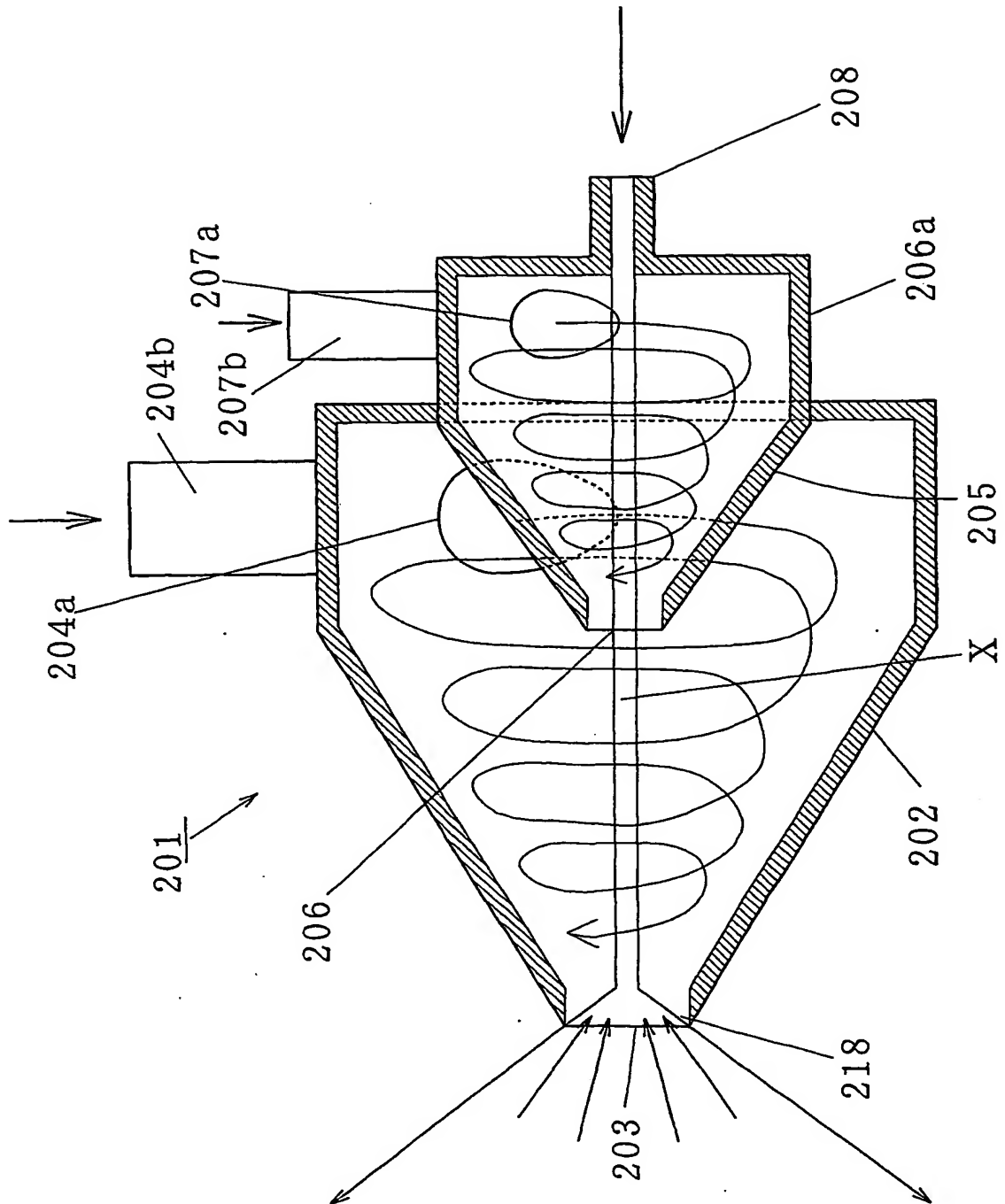
第20 (b) 図



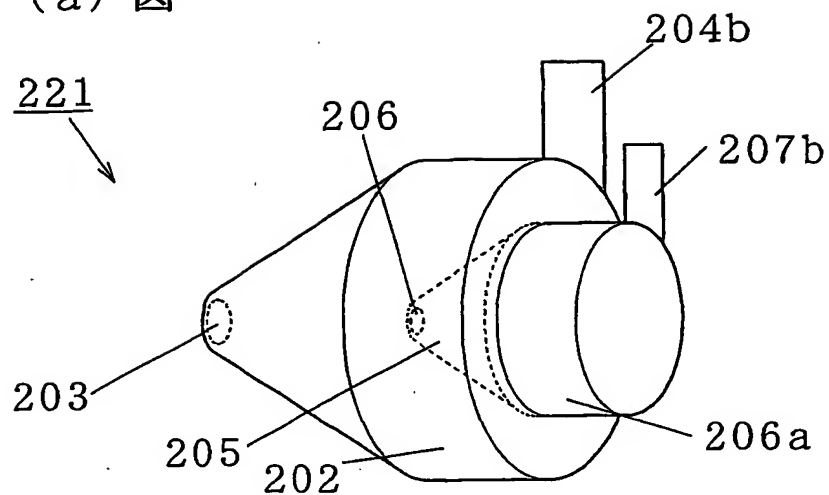
第21 図



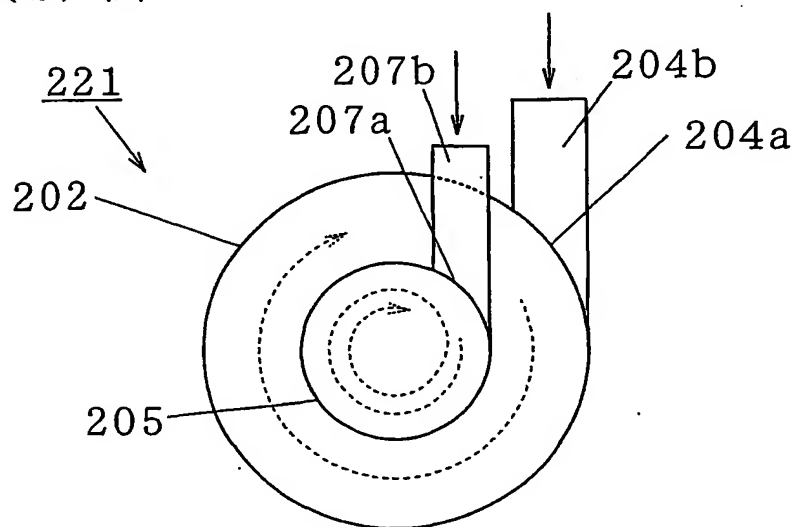
第 2 2 図



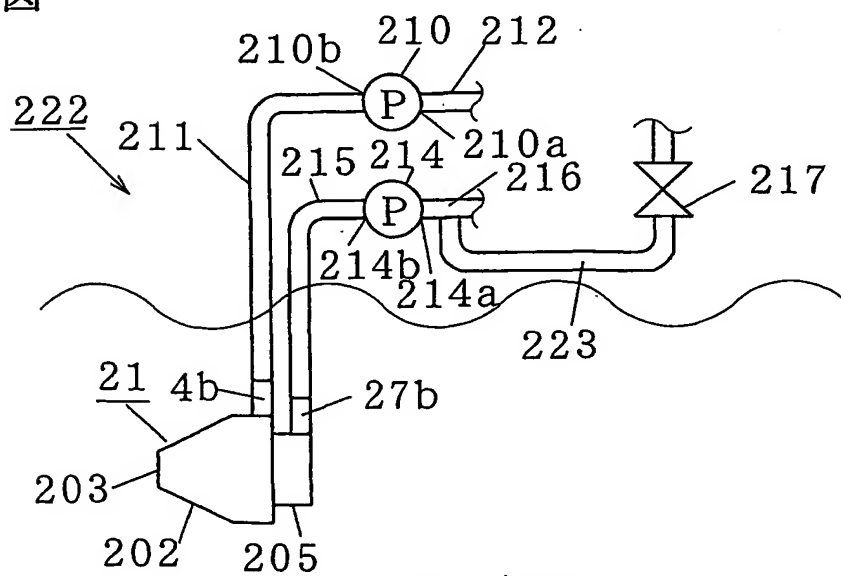
第23 (a) 図



第23 (b) 図

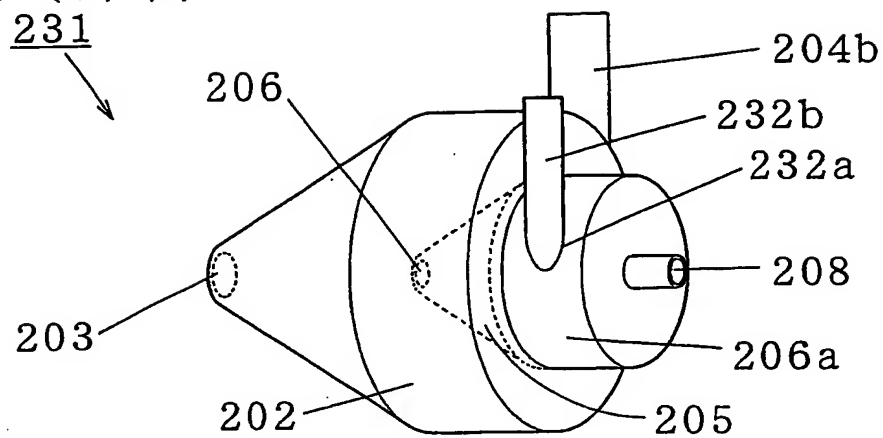


第24図

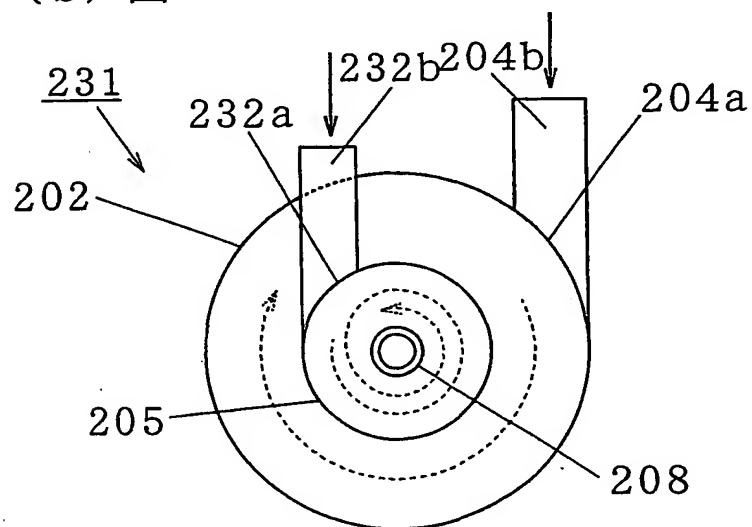




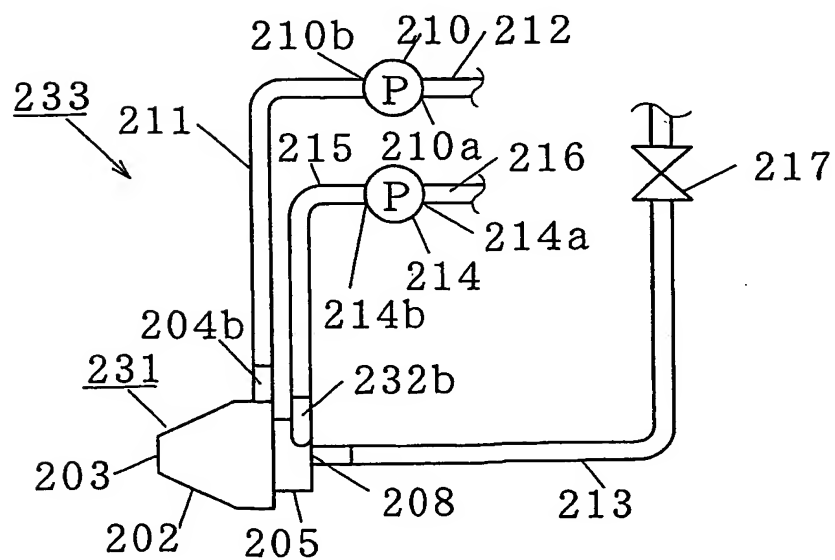
第 2 5 ( a ) 図



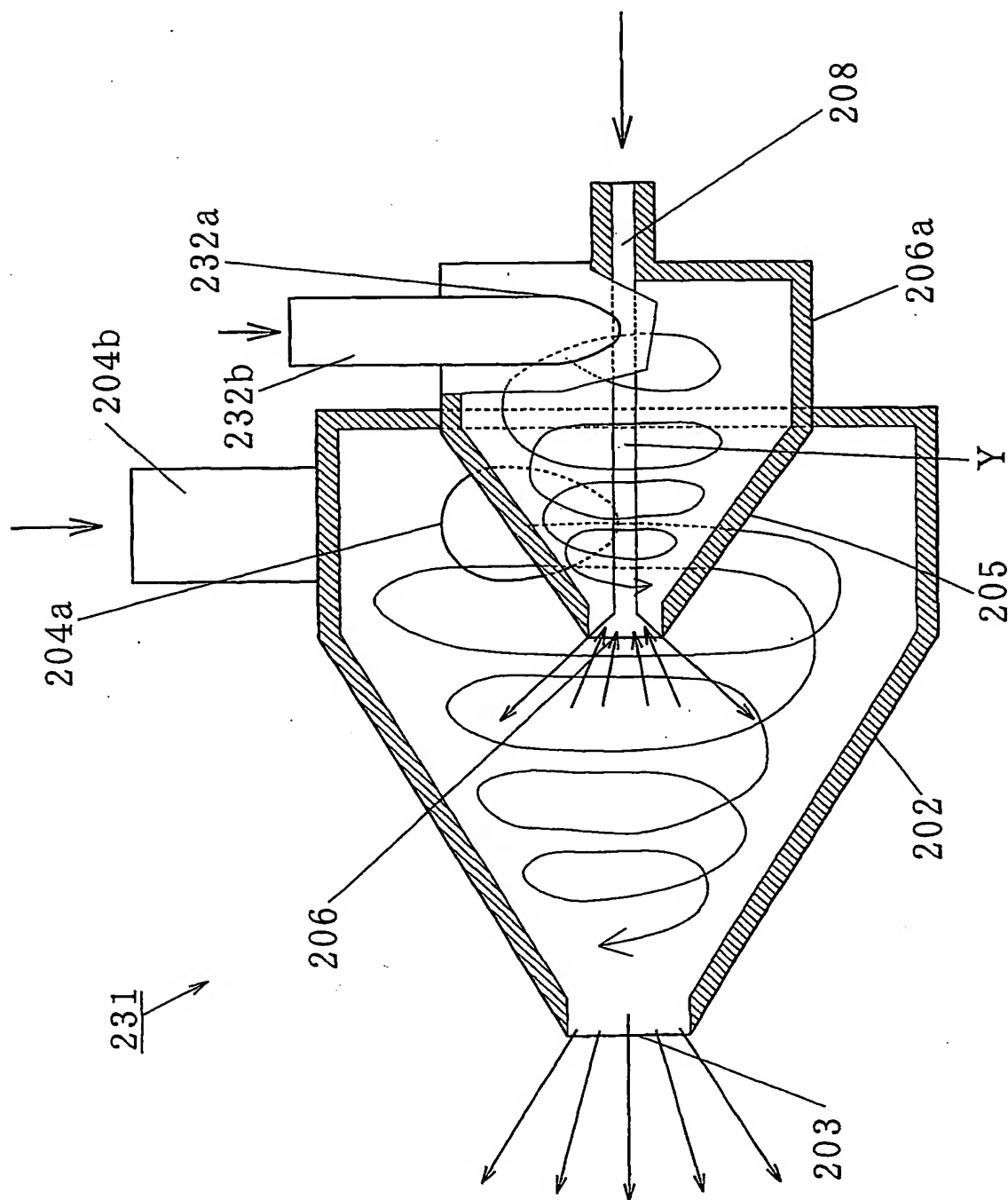
第 2 5 ( b ) 図



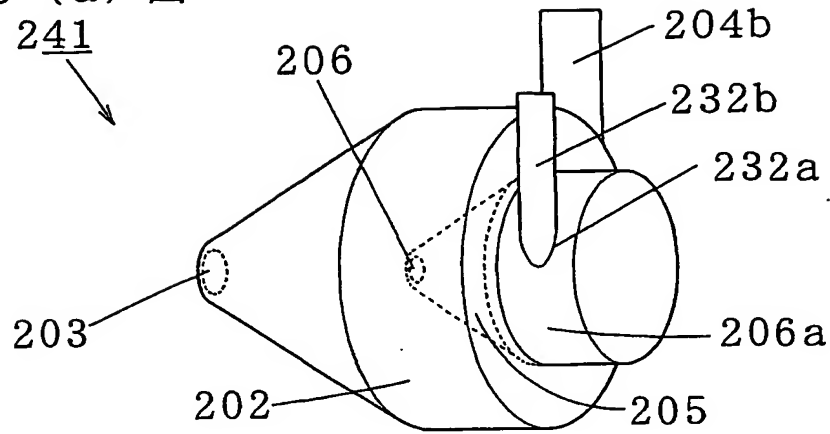
第 2 6 図



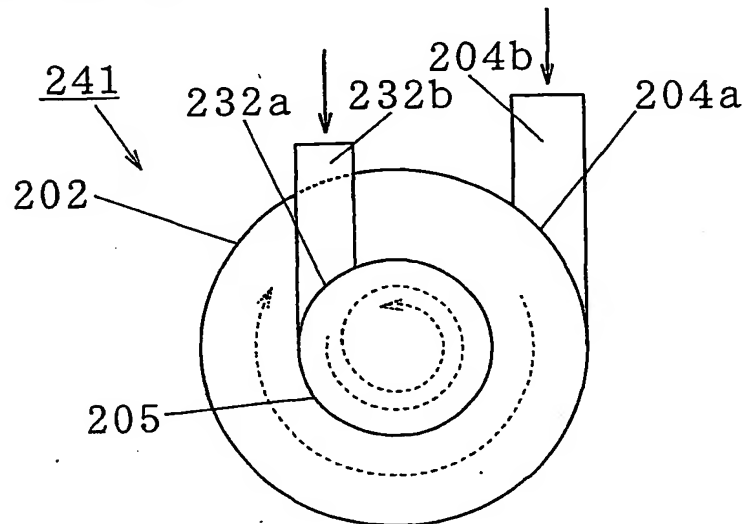
第 2 7 図



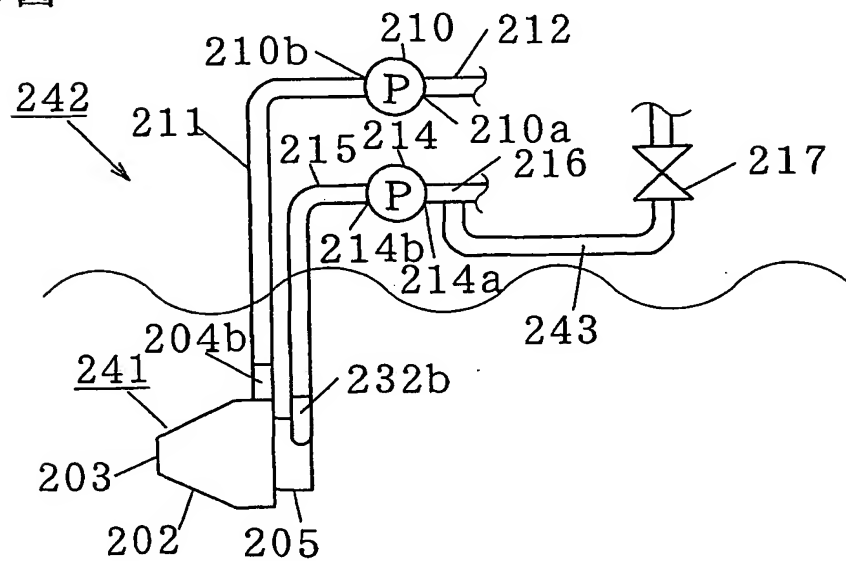
第 28 (a) 図



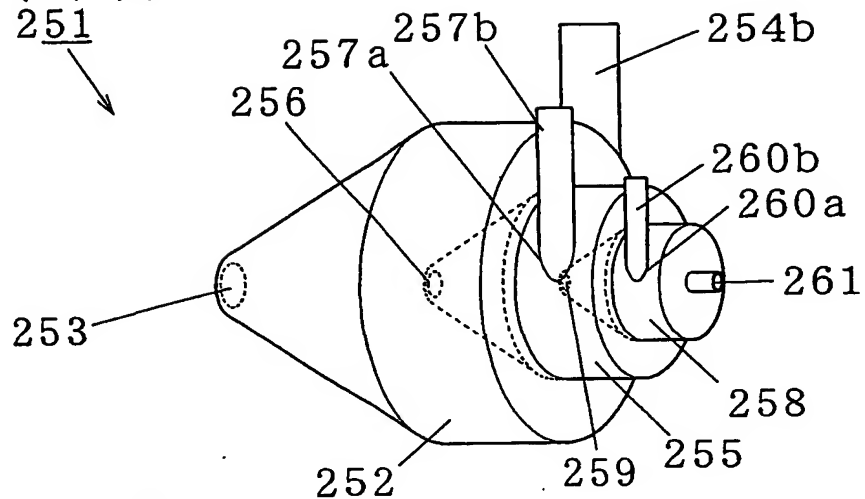
第 28 (b) 図



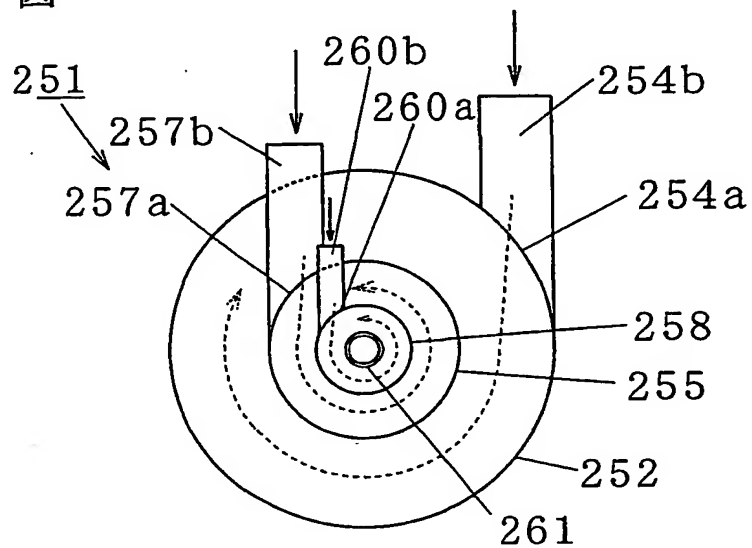
第 29 図



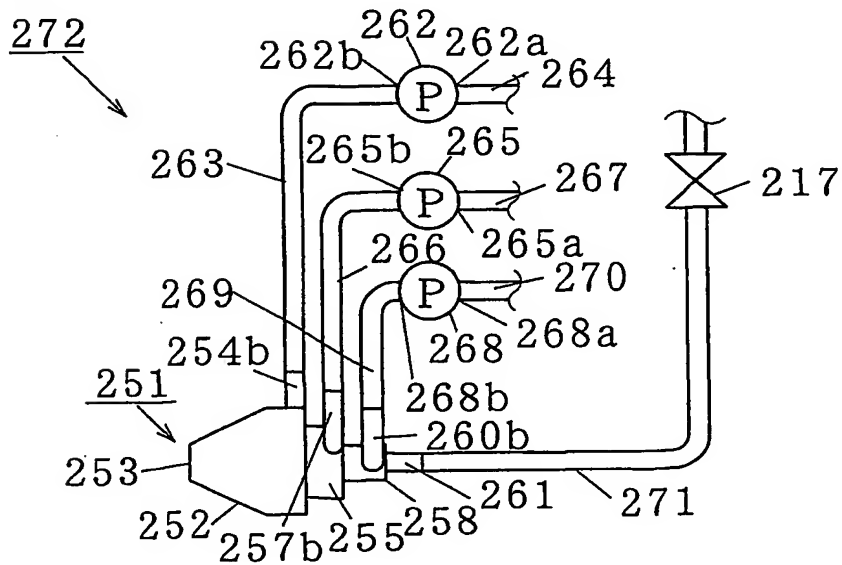
第30 (a) 図



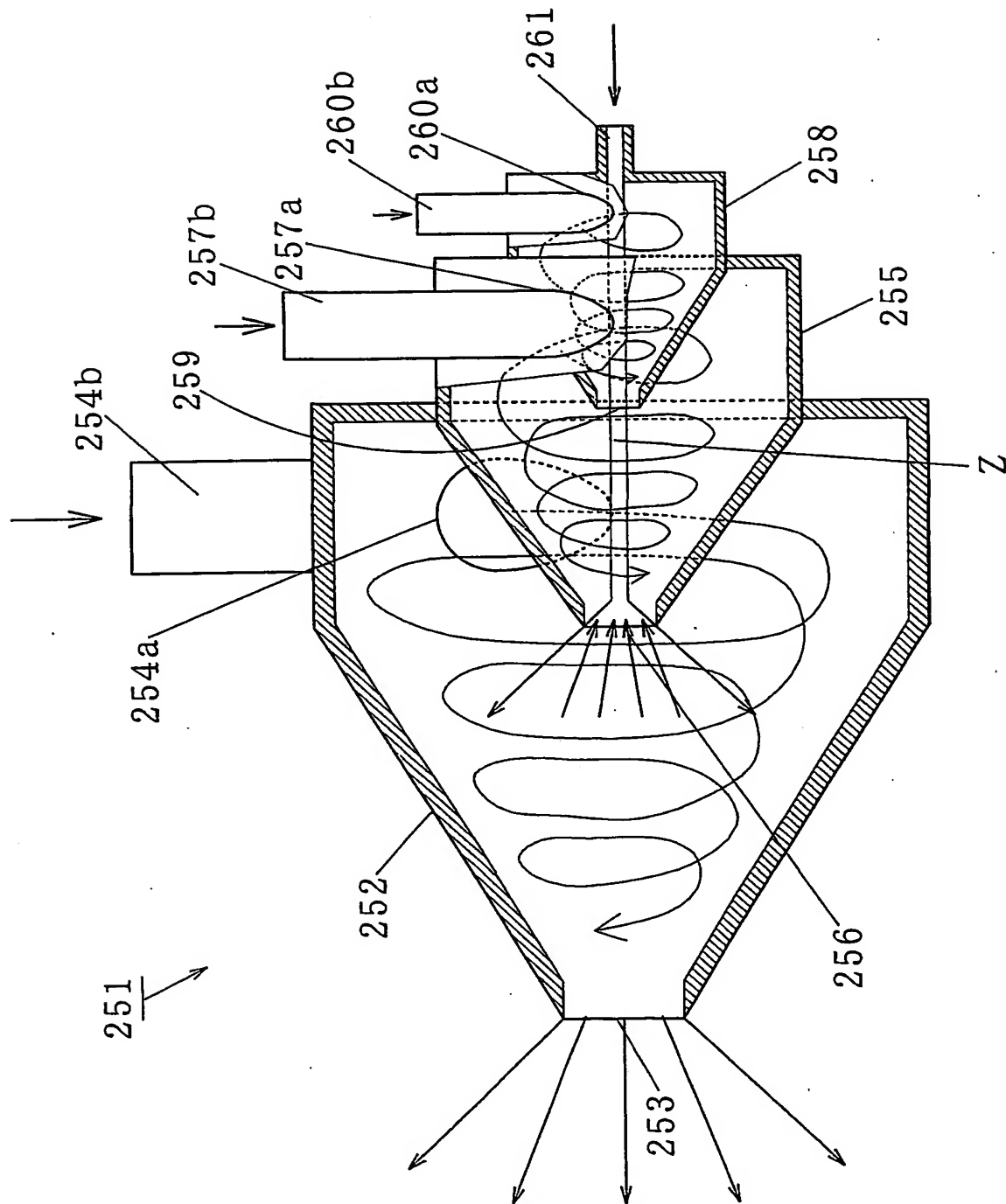
第30 (b) 図



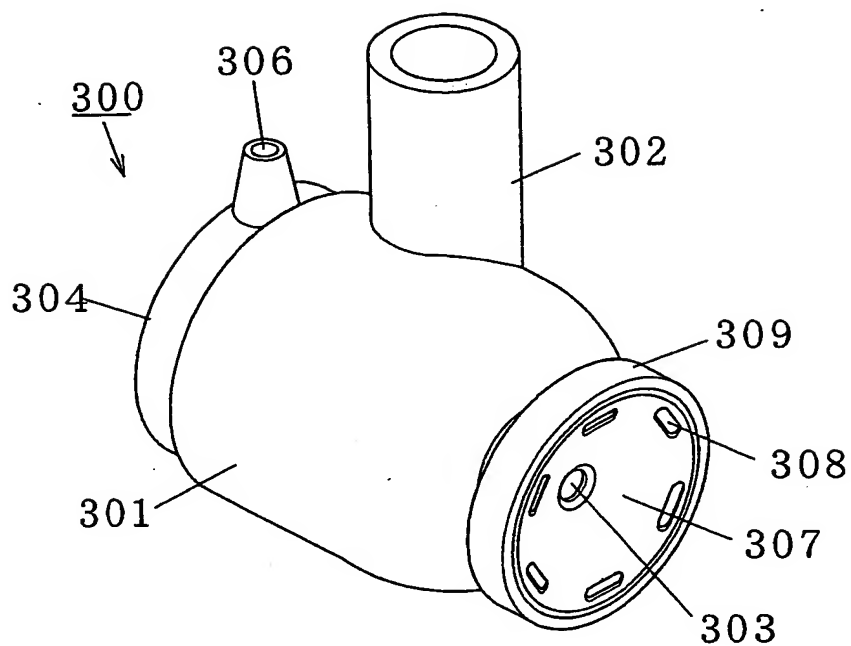
第31 図



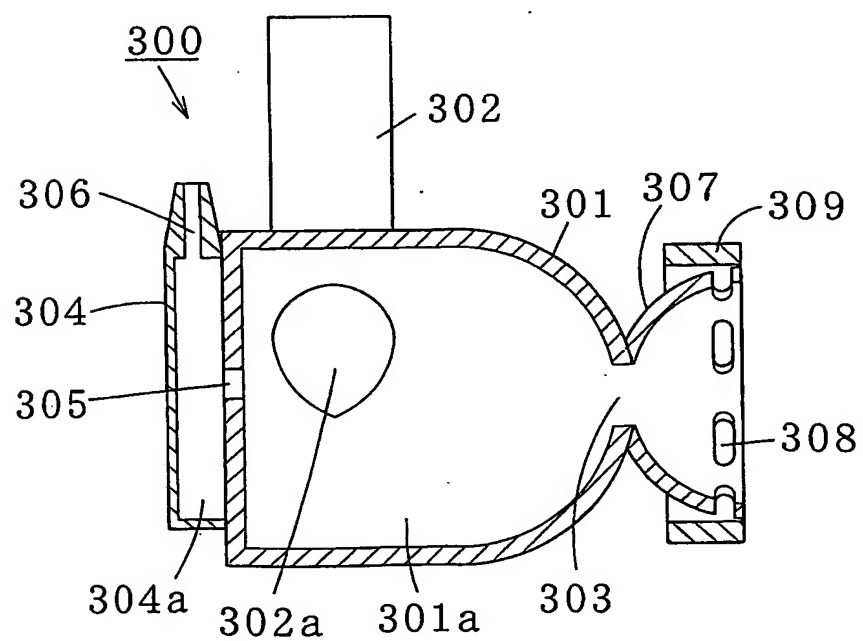
第 3 2 図



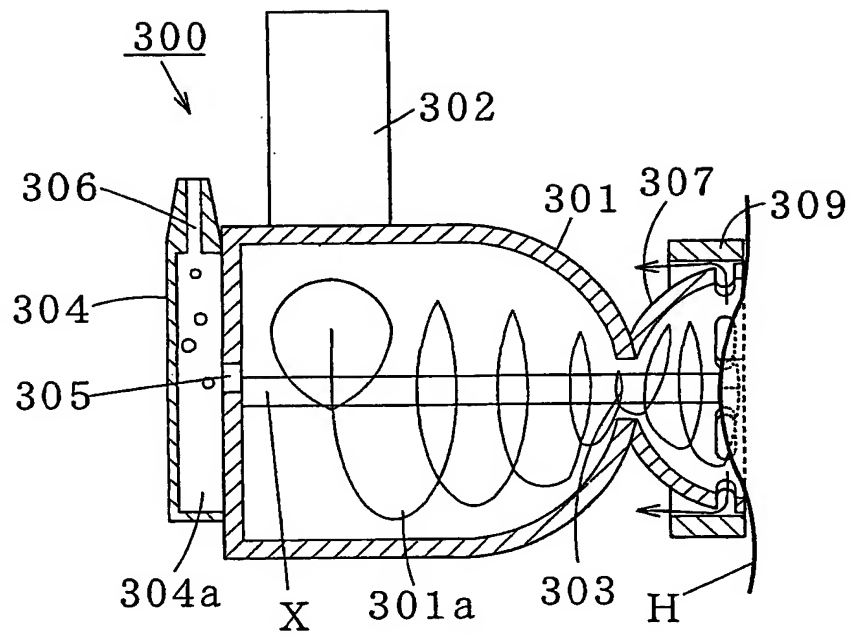
第 3 3 (a) 図



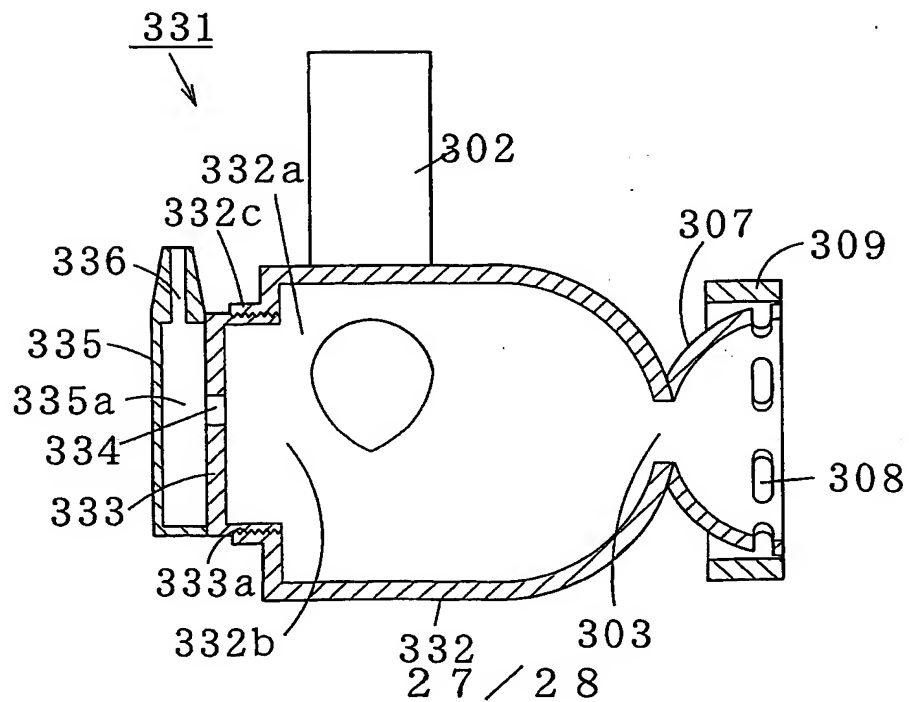
第 3 3 (b) 図



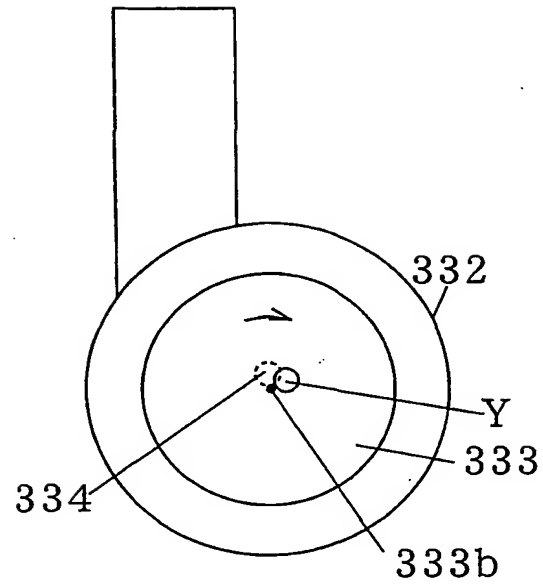
第 3 4 図



第 3 5 図



第 3 6 図





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05411

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B01F5/00, B01F3/04, C02F3/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B01F5/00, B01F3/04, C02F3/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 86031/1992 (Laid-open No. 48898/1994) (NET Kabushiki Kaisha), 05 July, 1994 (05.07.94), Par. No. [0010]-[0012]; Fig. 1 Par. No. [0010]-[0012]; Fig. 1 (Family: none)	1,9-23 2-8
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 151217/1988 (Laid-open No. 70725/1990) (Heijin Soubi K.K.), 29 May, 1990 (29.05.90), description, page 3, line 13 to page 4, line 16; Figs. 1 to 2 description, page 3, line 13 to page 4, line 16; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1,9-23 2-8
Y A	JP 10-230150 A (Nittetsu Mining Co., Ltd.), 02 September, 1998 (02.09.98), Par. No. [0016]-[0018], [0027]; Figs. 1 to 4 Par. No. [0016]-[0018], [0027]; Figs. 1 to 4	1,9-23 2-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
27 September, 2001 (27.09.01)Date of mailing of the international search report  
16 October, 2001 (16.10.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05411

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	(Family: none)	
Y	JP 2000-128995 A (MINOLTA CO., LTD.), 09 May, 2000 (09.05.00), Par. No. [0021]-[0022]; Fig. 2 (Family: none)	10-23
Y	JP 6-339696 A (Sanbio K.K.), 13 December, 1994 (13.12.94), Par. No. [0007]-[0009]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	14-23

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B01F5/00, B01F3/04, C02F3/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B01F5/00, B01F3/04, C02F3/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	日本国実用新案登録出願4-86031号 (日本国実用新案登録出願公開6-48898号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM (エヌ・イー・ティ株式会社) 5. 7月. 1994 (05. 07. 94) 段落番号【0010】-【0012】、第1図 段落番号【0010】-【0012】、第1図 (ファミリーなし)	1, 9-23 2-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

- の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 09. 01

国際調査報告の発送日

16.10.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川口 薫

印

3 F

9722

電話番号 03-3581-1101 内線 3349

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y A	日本国実用新案登録出願63-151217号(日本国実用新案登録出願公開2-70725号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(兵神装備株式会社)29.5月.1990(29.05.90) 明細書第3頁第13行-第4頁第16行, 第1-2図 明細書第3頁第13行-第4頁第16行, 第1-2図 (ファミリーなし)	1, 9-23 2-8
Y A	JP 10-230150 A(日鉄鉱業株式会社)2.9月.1998(02.09.98) 段落番号【0016】-【0018】,【0027】, 第1-4図 段落番号【0016】-【0018】,【0027】, 第1-4図 (ファミリーなし)	1, 9-23 2-8
Y	JP 2000-128995 A(ミノルタ株式会社)9.5月.2000(09.05.00) 段落番号【0021】-【0022】, 第2図 (ファミリーなし)	10-23
Y	JP 6-339696 A(株式会社サンビオ)13.12月.1994(13.12.94) 段落番号【0007】-【0009】, 第1-2図 (ファミリーなし)	14-23